



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ - REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



TESE

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Campina Grande – PB
Fevereiro de 2017

Patrícia Ferreira da Silva
Engenheira Agrônoma, M.Sc.

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PALMA FORRAGEIRA
SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Orientador:

Prof.º Dr. José Dantas Neto - UFCG

Coorientador:

Prof.º PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - UFCG

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - PB, em cumprimento às exigências o título de doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Campina Grande - PB
Fevereiro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586c Silva, Patrícia Ferreira da.
Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada / Patrícia Ferreira da Silva. – Campina Grande, 2017.

79 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 2017.
"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto; Coorientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo".

1. Biomassa. 2. *Opuntia ficus – indica(L)*. 3. Gotejamento. 4. Fertirrigação. 5. Eficiência do uso da água. Qualidade da água. I. Dantas Neto, José. II. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. III. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB). IV. Título.

CDU 633.39(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO


PATRÍCIA FERREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PALMA FORRAGEIRA SOB
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA**


Aprovada em 08 de Fevereiro de 2017

Banca Examinadora


Parecer


Prof. Dr. José Dantas Neto - UAEA/CTRN/UFCEG
– Orientador –


Aprovado


Prof. PhD. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
UAEA/CTRN/UFCEG
– Examinador –


Aprovado


Prof.^a Dr.^a Maria Sallydelândia Sobral de Farias
UAEA/CTRN/UFCEG
– Examinadora –

Aprovado


Prof. Dr. Arsênio Pessoa de Melo Júnior - IF Sertão - PE
– Examinador –

Aprovado


Prof. Dr. Alberto Soares de Melo - PPGCA/UEPB
– Examinador –

Aprovado

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO DE 2017

AGRADECIMENTOS

A Deus por mim proporcionar determinação, confiança e perseverança para vencer os obstáculos da vida;

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio incondicional durante esta jornada.

Ao meu orientador Prof^o José Dantas Neto (UFCG), pela orientação e paciência no decorrer dessa jornada; Ao Cnpq pela bolsa concedida

Aos membros da banca examinadora da qualificação pela colaboração no planejamento da pesquisa.

Aos amigos Rigoberto, Vitoria, Thiago, Sabrina, Antônio, Renato, Roberta, Jailma, Celia, Dani Santos, Francielio e Jaqueline pelas contribuições na condução do experimento e no decorrer do curso.

Meus cordiais e sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

SUMÁRIO DE TABELAS	i
SUMÁRIO DE FIGURAS	ii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Botânica, Classificação da Palma Forrageira e Característica das Cultivares.....	15
3.2. Adubação e Valor Nutricional da Palma Forrageira	16
3.3. Utilização da Palma Forrageira.....	17
3.4. Importância da Irrigação	18
3.5. Qualidade da Água para Irrigação.....	19
3.6. Evapotranspiração.....	19
3.7. Estresse Hídrico	20
3.8. Eficiência de uso da água pelas cactáceas.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Localização da área experimental	22
4.2. Delineamento, tratamentos e manejo da cultura	23
4.3. Características do sistema e manejo da irrigação.....	26
4.4. Análises de solo e água	28
4.5. Determinações hidro meteorológicas	29
4.6. Análise de crescimento	29
4.7. Análise da produtividade	31
4.7.1. Produtividade estimada não destrutiva	31
4.7.2. Produtividade estimada destrutiva	32
4.8. Uso Eficiente da água	32
4.9. Análise Estatística.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Consumo hídrico do período.....	33
5.2. Variáveis de Crescimento	33
5.2.1. Número de cladódios	33
5.2.2. Comprimento de cladódios.....	37
5.2.3. Largura de cladódios	39
5.2.4. Espessura de cladódios.....	42
5.2.5. Altura de planta	46
5.2.6. Largura de planta.....	49
5.2.7. Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo	53
5.2.8. Área de cladódios	56
5.2.9. Índice de área de cladódios.....	59
5.3. Variáveis de Produção	62

5.3.1.	Biomassa verde de cladódios.....	62
5.3.2.	Produtividade estimada não destrutiva	65
5.4.	Eficiência do uso da água e nitrogênio	71
6.	CONCLUSÕES	72
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40.....	28
Tabela 2 - Caracterização física do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos.	28
Tabela 3 - Caracterização da água residuária utilizada no experimento.	29
Tabela 4 - volume de água aplicado via irrigação no período de condução do experimento para cada lâmina e total.....	33
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para o número de cladódios (NC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.....	34
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para o comprimento de cladódios (CC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após o plantio.	37
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a largura de cladódios (LC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.....	40
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	43
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para a altura de plantas (AP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.....	46
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para a largura de plantas (LP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.....	49
Tabela 11 - Resumo da análise de variância para as variáveis taxas de crescimento absoluto e relativo (TCAR) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	53
Tabela 12 - Resumo da análise de variância para a área de cladódios (AC) em cm ² de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	57
Tabela 13 - Resumo da análise de variância para o índice de área de cladódios (IAC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	59
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a biomassa verde de cladódios (BMVC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	62
Tabela 15 - Resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada (PE) de palma forrageira (t ha ⁻¹) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	66
Tabela 16 - Resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada destrutiva (PR) de palma forrageira (t ha ⁻¹) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio um ano após a aplicação dos tratamentos.	69
Tabela 17 – Uso eficiente da água e do nitrogênio em cada tratamento um ano após aplicação dos tratamentos.....	71

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental.	22
Figura 2 – Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação da área experimental.	23
Figura 3 - Área experimental com vista para vegetal local.	23
Figura 4 - Croqui da área experimental condições de campo.	25
Figura 5 - Injetor de fertilizante tipo Pulmão.	25
Figura 6 – Número de cladódios total de palma forrageira cv. Orelha de Elefante sob doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	35
Figura 7 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o número de cladódios (NC) de palma forrageira cv. Orelha de Elefante aos 30(A) e 90(B) dias após a aplicação dos tratamentos.	36
Figura 8 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o comprimento de cladódios (CC) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (A) e efeito isolado da lâmina de irrigação sob o comprimento do cladódio de palma forrageira aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos(B).	38
Figura 9 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a largura de cladódios de palma forrageira (LC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.	41
Figura 10 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a espessura de cladódios de palma forrageira (EC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.	44
Figura 11 – Espessura de cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das diferentes lâminas de irrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos. ..	45
Figura 12 – Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.	47
Figura 13 – Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.	48
Figura 14 – Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	48
Figura 15 – largura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função lâmina de irrigação (A) e em função da das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.	50
Figura 16 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a largura da planta de palma forrageira (LP) aos 90(A) e 150 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.	51
Figura 17 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a TCA dos 30 aos 90 DAT (A) taxa de crescimento absoluto dos 90 aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos em função das doses de adubação nitrogenada (B).	54
Figura 18 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a TCR dos 30 aos 90 DAT (A) taxa de crescimento relativo em função das lâminas de irrigação (B) e (C) em função das doses de adubação nitrogenada dos 90 aos 150 dias.	55
Figura 19 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a área de cladódios de palma forrageira (AC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.	58

Figura 20 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o índice de área dos cladódios de palma forrageira (IAC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.....	60
Figura 21 – Índice de área dos cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	61
Figura 22 – Biomassa verde de cladódios da cultivar Orelha de Elefante em função lâmina de irrigação aos 30 DAT (A) e efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a BMVC aos 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.	63
Figura 23 – Biomassa verde de cladódios da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante em função da lâmina de irrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	64
Figura 24 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a produção da palma forrageira cultivar orelha de elefante aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.....	67
Figura 25 – Produtividade da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.	68
Figura 26 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a produção real da palma forrageira cultivar orelha de elefante um ano após a aplicação dos tratamentos.	70

RESUMO

A palma é uma das principais forrageiras utilizadas na alimentação animal no Semiárido nordestino brasileiro, além de poder ser fonte inovadora para a produção de biocombustível. Objetivou-se, com o presente, estudo avaliar o desempenho da palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Santa Luzia – PB, na fazenda Poço Redondo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, constituído de cinco lâminas de irrigação (125; 100; 75; 50 e 25% da ET_0), cinco níveis de adubação nitrogenada (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ de N), com três repetições, totalizando 75 unidades experimentais. Foram avaliados, ao longo do experimento, número, comprimento, largura e espessura de cladódios, altura e largura de planta, taxas de crescimento absoluto e relativo, área e índice de área de cladódios, biomassa verde de cladódios, produtividade estimada não destrutiva e destrutiva, e eficiência do uso da água da palma forrageira. Os dados obtidos foram analisados pelo teste F e análise de regressão polinomial. A lâmina de irrigação influenciou, de forma significativa, as variáveis de crescimento da palma forrageira estudadas, exceto o número de cladódios. As diferentes doses de adubação nitrogenada, aplicadas, via fertirrigação, influenciaram, de forma significativa, as variáveis de crescimento da palma forrageira, excetuando-se o comprimento e a área de cladódio. A maior produtividade estimada não destrutiva, destrutiva e a máxima eficiência do uso da água de palma forrageira cultivar orelha de elefante mexicana foram obtidas na associação lâmina de irrigação de 125% da ET_0 , total de (371,09 mm) e na dose de nitrogênio de 600 kg ha⁻¹. A eficiência no uso da água e do nitrogênio média foi de 13,9 kg m⁻³ de água aplicada via fertirrigação em um ano de condução do trabalho. A média de produtividade estimada não destrutiva e a destrutiva foram 700 t ha⁻¹ aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos e 299 t ha⁻¹ ano⁻¹. Nas condições de semiaridez com temperatura média de 27,6°C a palma forrageira responde tanto a irrigação quanto a adubação nitrogenada. Recomenda-se o corte da palma forrageira duas vezes ao ano, quando submetida a adubação nitrogenada e irrigação.

Palavras-chave: Biomassa, *Opuntia ficus - indica* (L.), gotejamento, fertirrigação, eficiência do uso da água, qualidade da água.

ABSTRACT

The palm is one of the main forages used in animal nutrition in the Brazilian Northeastern semi-arid region, besides being an innovative source for the production of biofuel. The objective of this study was to evaluate the performance of forage palm under different irrigation and nitrogen fertilization. The experiment was conducted under field conditions in the Municipality of Santa Luzia - PB, at the Poço Redondo farm. The experimental design was a randomized complete block design in a 5 x 5 factorial scheme, consisting of five irrigation slides (125, 100, 75, 50 and 25% of ET_0), five levels of nitrogen fertilization (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ of N), with three replicates, totaling 75 experimental units. Number, length, width and thickness of cladodes, plant height and width, absolute and relative growth rates, area and cladode area index, cladode green biomass, estimated non-destructive and destructive productivity were evaluated throughout the experiment and efficiency of forage palm water use. The data were analyzed by the F test and polynomial regression analysis. The irrigation blade significantly influenced the growth variables of the forage palm studied, except for the number of cladodes. The different doses of nitrogen fertilization, applied via fertigation, significantly influenced the growth variables of the forage palm, except for the length and the cladode area. The highest estimated non destructive, destructive and maximum efficiency of the use of forage palm water for cultivating Mexican elephant ear were obtained in the association of irrigation depth of 125% of ET_0 , total of (371.09 mm) and nitrogen dose of 600 kg ha⁻¹. In semiarid conditions with average temperature of 27.6 °C the forage palm responds to both irrigation and nitrogen fertilization. It is recommended the cutting of the forage palm twice a year, when submitted to nitrogen fertilization and irrigation.

Key words: Biomass, *Opuntia ficus - indica* (L.), drip, drip irrigation, water use efficiency, water quality.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades socioeconômicas mais importantes no Semiárido paraibano, com destaque para a criação de ruminantes, sejam eles caprinos, ovinos ou bovinos. Notoriamente, o fator limitante para a produção animal nesta região é a inconstância na oferta de alimentos em quantidade e qualidade de forma a permitir uma pecuária rentável, consequência da irregularidade na distribuição das chuvas e das altas taxas de evapotranspiração (SALES et al., 2013).

A má distribuição e irregularidade das chuvas, responsáveis por estiagens prolongadas, prejudicam a produção de alimentos para as populações e para os rebanhos. Isso requer a utilização de espécies vegetais que apresentem características de alta adaptabilidade a essas condições (ALMEIDA et al., 2012). Assim, a palma forrageira (*Opuntia ficus - indica* (L.) Mill) é tida como uma alternativa viável em razão de sua elevada eficiência de utilização de água, devido às suas características morfofisiológicas, que lhe permitem uma elevada capacidade de captação diária de CO₂ e reduzida perda de água, fenômenos que ocorrem geralmente à noite, cujo intercâmbio de gases é conhecido como metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) (SILVA et al., 2010).

A palma forrageira por ser uma cactácea, possui boa adaptação às regiões áridas e semiáridas, apresentando tolerância a períodos longos de estiagem e alta eficiência no uso de água (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010; PINHEIRO et al., 2014; SILVA et al., 2015). Constitui-se como um dos principais recursos forrageiros de subsistência da pecuária na Região Nordeste do Brasil, considerando sua importância na alimentação dos principais rebanhos como fonte de água, energia e minerais (ALMEIDA et al., 2012). Para Moraes & Vasconcelos (2007), essa forrageira se destaca como alimento volumoso suculento, de alta aceitabilidade e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca, fator importante para os rebanhos.

No Brasil, estima-se que haja, atualmente, aproximadamente 600.000 ha cultivados com palma, correspondendo a uma produtividade que gira em torno de 600 t MV ha⁻¹ no primeiro ano de cultivo, quando em sistema adensado sob irrigação (SEBRAE - RN, 2010). No Nordeste brasileiro, as áreas cultivadas com palma forrageira são destinadas a alimentação animal, entretanto, grandes são os esforços governamentais para diversificar o uso da cultura, sendo a produção de etanol um dos

vários interesses em decorrência de sua vasta disponibilidade e ausência de entressafra (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013).

A baixa fertilidade natural dos solos associada à pouca disponibilidade de água na região semiárida contribui para as baixas produtividades obtidas em cultivos de palma de sequeiro. Assim, é imprescindível a adoção de uma tecnologia de irrigação e manejo adequado para a adubação que auxilie no aumento da produtividade em biomassa da palma forrageira, com vistas a possibilitar melhorias significativas na rentabilidade do sistema produtivo. Contudo, deve-se atentar para a qualidade da água utilizada na irrigação nessa região, pois ela apresenta, em grande parte, alto teor de sais, tanto em águas superficiais como subterrâneas como nos açudes de pequeno e médio porte (superficiais) e poços (água subterrâneas) (MEDEIROS et al., 2003).

Segundo Dubeux Júnior & Santos, (2005) a palma forrageira é considerada de baixa tolerância ao efeito dos sais e, quando submetida ao estresse salino, ocorre inibição do desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, sendo que a presença de sais tanto no solo quanto na água de irrigação provoca a redução no crescimento das plantas, o que lhes provoca até a morte. Essa redução no crescimento é consequência das modificações na entrada e metabolismo dos íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento de estômatos e eficiência fotossintética.

O incremento na produtividade desta cultura pode ser obtido mediante a adoção de um manejo racional de água e adubação nitrogenada, favorecendo o aumento na disponibilidade de forragem e reduzindo os custos com alimentação, uma vez que eles são responsáveis por gastos que giram em torno de 60 a 70% na atividade pecuária, com isto, o produtor eleva sua lucratividade diversificando a oferta de alimento auxiliando na manutenção do rebanho.

O cultivo de palma forrageira na região do Seridó é ainda de natureza incipientes de modo que sua determinação contribui para o aperfeiçoamento do uso racional da água e da adubação no âmbito agrícola visando, não só à alimentação humana e animal, como também à produção de combustíveis renováveis a partir da degradação dos açúcares.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho da palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada.

2.2. Objetivos Específicos

Analisar a biometria da palma forrageira sob lâminas de irrigação e diferentes doses de adubação nitrogenada;

Determinar a melhor lâmina de irrigação e a dose de adubação nitrogenada que proporciona maior produtividade de palma forrageira no semiárido paraibano;

Determinar a eficiência do uso da água pela palma forrageira.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Botânica, Classificação da Palma Forrageira e Característica das Cultivares

A palma forrageira é uma planta pertence à Divisão Embryophyta, subdivisão: Angiospermea, classe: Dicotyledoneae, subclasse: Archiclamideae, ordem: Opuntiales e família das Cactáceas. Nessa família, existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas (SILVA & SANTOS, 2006). Pertence à família *Cactaceae* e está presente em todos os continentes com diversas finalidades, entre elas, na alimentação animal, humana, fabricação de cosméticos, recuperação de áreas degradadas e biocombustíveis. É uma cultura detentora de grande potencial, capaz de contribuir positivamente para a viabilidade econômica das pequenas e médias propriedades, notadamente na alimentação dos rebanhos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Dentre as plantas CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), destaca-se a palma (*Opuntia ficus-indica*), pois possui elevada produtividade e qualidade alimentícia para a ruminantes, tendo despontado como um dos mais importantes recursos forrageiros para alimentação dos animais durante o longo período de seca do ano, constituindo-se um dos principais alimentos utilizados nas bacias leiteiras do Nordeste brasileiro (Silva et al., 2010; SOUSA & SOUSA Neto, 2012).

É considerada fonte energética de grande potencialidade para a nutrição de ruminantes (TOSTO et al., 2007). Os gêneros dessa cactácea mais cultivados no Brasil

são *Opuntia* e *Nopalea*, sendo que a espécie *Opuntia ficus-indica*, com as cultivares Gigante e Redonda, destacam-se no Semiárido paraibano, seguidas da espécie *Nopalea cochenillifera*, com as cultivares Baiana e Miúda (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

As cultivares mais utilizadas na região semiárida são: Palma Orelha de Elefante Mexicana ou Palmepa – PB3 (*Opuntia tuna* L. Mill) esta apresenta crescimento horizontal, rica em matéria seca, possui muitos pêlos, sendo resistente à cochonilha do carmim. Palma IPA – Sertânia ou Baiana ou Palmepa – PB1 (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck) possui crescimento vertical, boa produtividade, é palatável aos animais, rica em carboidratos e pouca resistência à seca quando comparada à palma gigante, resistente à cochonilha do carmim. Palma Miúda ou Doce ou Palmepa – PB4 (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck) principal característica a forma de crescimento vertical, baixa resistência à seca e à resistência a cochonilha do carmim, além de ser rica em carboidratos e mais produtiva quanto à matéria seca (SENAR, 2013).

3.2. Adubação e Valor Nutricional da Palma Forrageira

A palma forrageira é uma planta que responde bem à adubação, sendo essa prática uma das formas de aumentar a produtividade dessa cultura devido às limitações de fertilidade natural da região semiárida. A cultura possui alta capacidade produtiva e, por isso, é capaz de retirar grandes quantidades de nutrientes do solo, o que se verifica ao testar dosagens de esterco bovino de 0,0 a 90,0 Mg ha⁻¹, foi encontrada uma extração média de 240,1; 35,3; 714,5 e 547,3 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, para uma produtividade média de 18,2 Mg ha⁻¹ de matéria seca (SILVA et al., 2010).

A cultura absorve grandes quantidades de nutrientes do solo, o que foi verificado por Santos et al. (1990) ao analisarem a matéria seca e encontrar teores médios de N, P, K e Ca na ordem de 0,9; 0,16; 2,58 e 2,35 dag kg⁻¹, respectivamente. Normalmente, dietas compostas com palma apresentam elevado teor de matéria mineral devido à alta concentração de macronutrientes minerais que ela contém (MELO et al., 2003). Considerando uma produtividade de 40 Mg ha⁻¹, a palma forrageira extrai cerca de 360 kg de N, 64 kg de P, 1.032 kg de K e 940 kg de Ca por hectare, a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010).

Com relação ao valor nutricional, a palma é uma excelente fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos, 61,79% e nutrientes digestíveis totais, 62% (COSTA et al., 2008). Ainda segundo os autores, apresenta baixos teores de fibra em detergente

neutro, em torno de 26% (FDN), necessitando sua associação a uma fonte de fibra que apresente alta efetividade, para que seja necessária a manutenção das condições normais do rúmen, a fim de se prevenir desordens metabólicas.

O cultivo associado à adubação, considerando-se que a estrutura fundiária do Nordeste é formada, na sua maioria, por pequenas propriedades, são estratégias de manejo fundamentais para aumentar a eficiência de produção de forragem (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010).

3.3. Utilização da Palma Forrageira

Há indícios de que a palma forrageira é utilizada pelo homem mexicano desde o período pré-hispânico. A planta pode ser usada na alimentação humana e animal, como fonte de energia, na medicina, na indústria de cosméticos, na proteção e conservação do solo entre outros usos (SANGLARD & MELO, 2012).

A palma é uma alternativa eficaz para combater a fome e a desnutrição no semiárido nordestino por ser rica em vitaminas A, do complexo B e C, minerais, como cálcio, magnésio, sódio e potássio, e 17 tipos de aminoácidos. Seu uso na alimentação humana no Brasil, porém, esbarra no preconceito, visto que, tradicionalmente, a palma é usada como ração animal. A palma tem valor nutritivo maior que alimentos como a couve, a beterraba e a banana, com a vantagem de ser um produto mais econômico (NUNES, 2011).

Pode ser utilizada para a redução nos custos de produção de biocompostos (SANTOS et al., 2011). São desejáveis na biomassa para a produção de etanol, características que facilitam a conversão de açúcares, assim como tolerância à seca, redução de exigências de fertilizante e maior teor de carboidratos (WYMAN, 2007). A palma forrageira apresenta, como seus principais atributos sua vasta disponibilidade, a ausência de entressafra, baixa necessidade de tecnologia para cultivo, além de ser uma cultura bastante difundida, altamente resistente à seca e de fácil plantio (TORRES NETO, 2010), tornando-a, portanto, uma matéria-prima potencial para a produção de bioetanol e recuperação de áreas degradadas.

No amplo contexto da bioenergia, a produção de biocombustíveis líquidos a partir de biomassa tem sido considerada para atender particularmente às necessidades de transporte veicular. Para esses fins, ainda não existem outras alternativas renováveis,

além dos biocombustíveis, com maturidade tecnológica e viabilidade econômica suficientes (ZHANG & SMITH, 2007).

3.4. Importância da Irrigação

A água é fator de fundamental importância para produção de alimentos, sendo que a prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido à taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação durante a maior parte do ano (FEITOSA et al., 2015).

Segundo Christofidis (2008), existe no mundo uma área de cerca de 1,532 bilhão de hectares em produção agrícola, dos quais cerca de 18% (276 milhões de hectares) sob o domínio de infraestrutura hídrica de irrigação. A área irrigada produz cerca de 40% da produção total agrícola, ao passo que a agricultura de sequeiro responde pelo restante. No Brasil do total de 58,5 milhões de hectares plantados, cerca de 5% (3,45 milhões de hectares) são irrigados.

A técnica da irrigação em agricultura com uso intensivo de tecnologia, como na palma forrageira, coloca o insumo “água” sob controle do agricultor, eliminando riscos de perdas de produção ocasionadas por estiagens e secas, além de favorecer uma maior produtividade pelo uso mais eficiente de insumos (MENEZES & SOUZA, 2011). O semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias elevadas e precipitações médias anuais de 300-700 mm, extremamente concentradas. Nesse cenário, a produção de palma forrageira é uma das estratégias de apoio à convivência da pecuária regional com a seca (SILVA et al., 2012).

A implantação bem sucedida de um programa de irrigação pode elevar, de forma substancial e estável, à produtividade da palma forrageira, com ganhos mais elevados para os produtores e contribuindo para a modernização mais rápida do meio rural no semiárido brasileiro. O manejo da irrigação nas culturas irrigadas tem, como ponto chave, decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é, normalmente, determinada pela necessidade hídrica da cultura (DANTAS NETO & FERNANDES, 2006).

Devido à sua alta resistência à seca, a palma forrageira nos países mediterrânicos é geralmente cultivada sem irrigação, entretanto, irrigação com baixo volume de água

em cultivares de palmas sicilianas melhorou o rendimento e a qualidade. A produção por planta em parcelas irrigadas foi duas vezes superior ao rendimento em parcelas não irrigadas (SILVA et al., 2010).

3.5. Qualidade da Água para Irrigação

A qualidade da água de irrigação é normalmente expressa pela quantidade total de sais dissolvidos e por sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções relativamente baixas (SILVA et al., 2011).

Para Ayers & Westcot (1999), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água disponível, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral, as fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, no entanto, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto os projetos novos como os antigos requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas consequentes, deve-se existir planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com a qualidade.

A adequabilidade da água para a irrigação é uma contingência dos efeitos dos constituintes minerais da água, tanto sobre a planta como sobre o solo. Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água através da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações metabólicas tais como as causadas por constituintes tóxicos. Os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas (BERNARDO et al., 2008).

3.6. Evapotranspiração

A evapotranspiração é a perda combinada de água da superfície úmida do solo e transpiração das plantas. A evaporação e a transpiração ocorrem, simultaneamente, na natureza e não é fácil distinguir os dois processos. A evaporação é determinada pela disponibilidade de água na camada superficial do solo e pelo saldo de radiação que

chega nessa superfície. À medida que a cultura cobre a superfície do solo, a transpiração passa a ser o principal processo (DANTAS NETO & FERNANDES, 2006).

Um dos procedimentos utilizados para estimativa das necessidades de água das culturas envolve a determinação de evapotranspiração de referência (ET_0), a qual, mediante a utilização de coeficiente de cultura (K_c) apropriado, permite estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), nos diferentes estágios de seu desenvolvimento vegetativo (ALLEN et al., 1998). O método de Penman-Monteith padronizado pela FAO é considerado padrão para estimar a ET_0 e fundamenta-se em aspectos físicos dos processos de evaporação e transpiração, incorpora explicitamente parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos da cultura de referência (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros, estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia ou por meio de modelos micrometeorológicos. São diversos os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo a escolha de um ou de outro baseado, principalmente, no tipo de dado disponível em estações meteorológicas e na precisão requerida para a determinação das necessidades hídricas das culturas (SEDIYAMA, 1987).

3.7. Estresse Hídrico

Em condições naturais ou agricultáveis, as plantas estão frequentemente expostas a condições estressantes. O estresse pode ser definido como um fator externo, a exercer uma influência adversa sobre a planta. Este conceito de estresse está relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a capacidade da planta para enfrentar um ambiente desfavorável. Uma condição estressante para uma planta pode não o ser para outra, ou seja, a tolerância varia de espécie para espécie (TAIZ & ZEIGER, 2016).

De acordo com Cattivelli et al. (2008), a restrição hídrica é um dos mais importantes estresses ambientais na agricultura. A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. Por esse motivo, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a produtividade de cultivos agrícolas sob condições de seca.

Esta condição de estresse afeta diversos processos fisiológicos levando as plantas a fecharem os estômatos rapidamente, que, como consequência, afeta o suprimento de CO_2 para a fotossíntese, aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, reduz a

transpiração, afetando a dissipação da energia térmica e o transporte de nutrientes por fluxo de massa (WU & CAMPBELL, 2007).

Para Taiz & Zeiger (2016), o primeiro e mais visível efeito do déficit hídrico é a diminuição da turgescência, do alongamento celular e crescimento da planta. Para os autores os mecanismos de resistência das plantas à seca podem ser de três tipos: “da dessecação” ou habilidade para manter a hidratação dos tecidos; “tolerância à dessecação” ou a capacidade para manter as atividades vitais enquanto desidratada; e “escape”, um atributo de algumas plantas que as habilita a executarem o seu ciclo, da germinação à produção de novas sementes, dentro de um período de algumas semanas, depois de uma forte chuva.

3.8. Eficiência de uso da água pelas cactáceas

A eficiência de uso da água (EUA) é um índice ecofisiológicos que relaciona os fluxos de carbono e de vapor d'água. Índice este que equivale a uma relação benefício/custo das trocas gasosas, o inverso desse índice é a razão da transpiração representando, portanto, o custo/benefício. Nesse contexto, o uso eficiente da água em plantas C3 varia de 1 a 3 g de CO₂ fixado. kg⁻¹ de H₂O transpirada, contudo, nas C4 esse índice varia de 2 a 5 g de CO₂ fixado. kg⁻¹ de H₂O transpirada e nas CAM de 10 a 40 g de CO₂ fixado. kg⁻¹ de H₂O transpirada (GENTIL, 2010).

São vários os indicadores de eficiência do uso da água nas plantas dentre eles pode-se citar a produtividade da água da cultura (PAC), a produtividade econômica da água (PEA) e a eficiência do uso de nutrientes (EUN). A produtividade da água da cultura é considerada como a capacidade que a cultura possui em converter a água em biomassa (IGBADUN et al., 2006).

Para Di Paolo & Rinaldi (2008), este é um ótimo indicador de análise da eficiência do uso da água, uma vez que permite avaliar a redução do rendimento em decorrência da diminuição da disponibilidade de água para a cultura. Um outro importante indicador de eficiência é a produtividade econômica da água, sendo de grande relevância, pois permite mensurar o incremento produtivo (i.e. IWP, Index Water Productivity) e o retorno econômico (i.e. EWP, Economic Water Productivity), gerados em função do uso da água no sistema de produção, sobretudo em regiões semiáridas, onde a disponibilidade de água é baixa e os produtores podem utilizar da

capacidade hídrica existente para complementar a demanda das culturas (PEREIRA et al., 2012).

A eficiência do uso de nutrientes ($EUN(w)$), é outro índice, pois analisa a capacidade da cultura em absorver nutrientes da solução do solo com base na água consumida pela cultura ou recebida pelo sistema de produção, aplicada via irrigação ou mesmo pela precipitação (AMARAL et al., 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Santa Luzia, microrregião do Seridó ocidental paraibano, latitude $06^{\circ} 52' 27''$, longitude $36^{\circ} 56' 00''$ WGr, e altitude de 299 m, na fazenda Poço Redondo. Encontra-se inserida no Polígono das Secas e situa-se na Mesorregião da Borborema. Possui clima Bsh-Tropical, quente seco, semiárido com chuvas de verão (Figura 1).

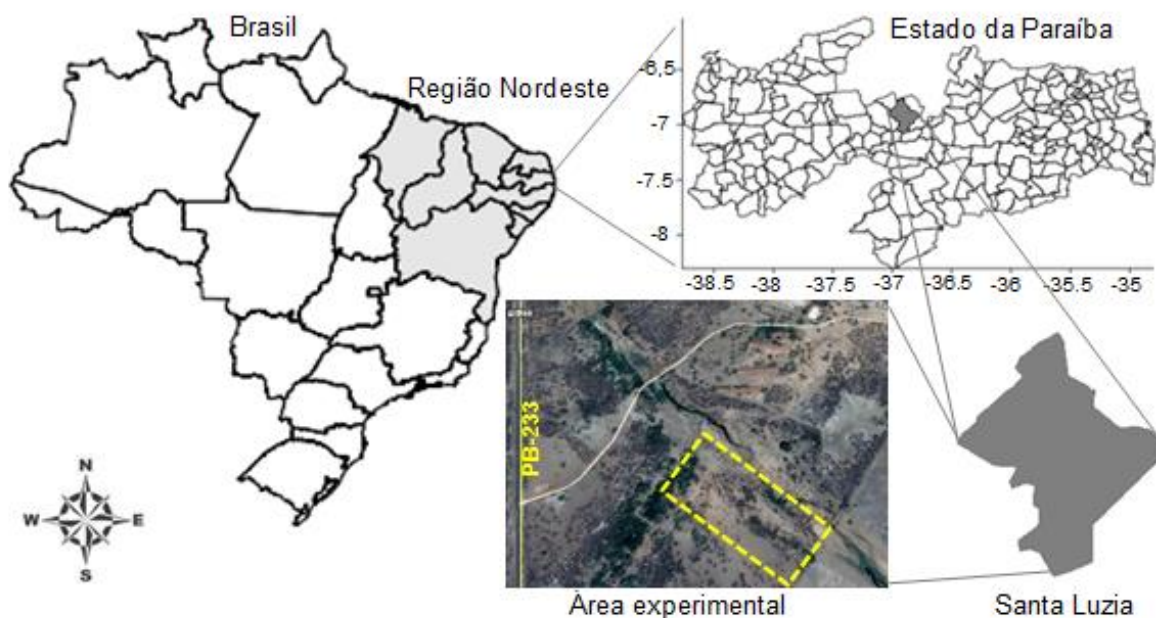


Figura 1 - Localização da área experimental.

A principal característica climática da região do Seridó, não é a ausência de chuvas, mas sua irregularidade (RODRIGUES, 2002). A precipitação média em torno de 500 mm com maior concentração nos meses de janeiro a maio. A temperatura média é em torno de $27,6^{\circ}\text{C}$ com média máxima de $33,0^{\circ}\text{C}$ e mínima de $22,3^{\circ}\text{C}$, e a umidade relativa varia de 50 a 70% (Figura 2).

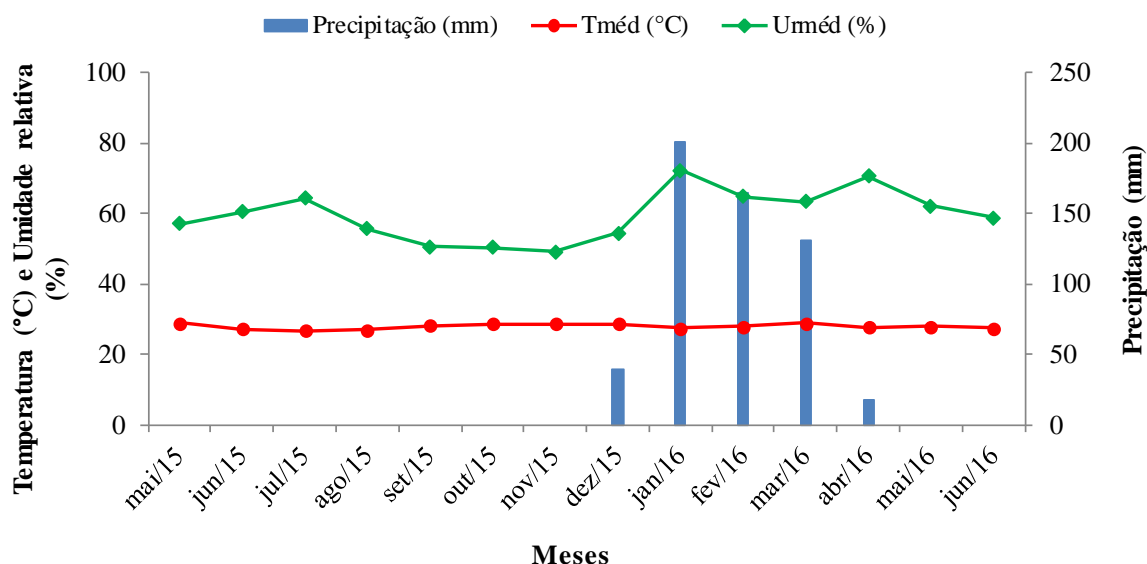


Figura 2 – Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação da área experimental.

A vegetação predominante na área experimental é do tipo Caatinga-Seridó, vegetação subxerofila, decídua, cujos componentes em sua maioria são cactos e pequenas árvores ou arbustos, geralmente espinhosos, formando grupamentos ora densos, ora com árvores esparsas (Figura 3). A água para suprimento hídrico das plantas foi obtida do poço Amazona, suprido com água de esgoto tratada proveniente da cidade de Santa Luzia - PB, localizado a 80 m de distância da área experimental.



Figura 3 - Área experimental com vista para vegetal local.

4.2. Delineamento, tratamentos e manejo da cultura

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, sendo o primeiro fator constituído de cinco lâminas de irrigação (125; 100; 75; 50 e 25% da ET_0), e o segundo cinco níveis de adubação nitrogenada (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ de N), com três repetições, totalizando 75 unidades experimentais (Figura 4).

As parcelas experimentais foram constituídas de uma fileira dupla de plantas com espaçamento de 0,4 m entre linhas; 2,0 m entre fileiras duplas e 0,25 m entre plantas com 5 m de comprimento com 1 m de bordadura. Cada parcela possui área de 14,4 m², com área da parcela útil de 0,6 m² e área total de 3850 m², sendo que as parcelas com a lâmina de 100% de irrigação possuem área equivalente ao dobro das parcelas com as demais lâminas. Com este espaçamento a densidade de plantio para 1 ha foi 33000 mil plantas.

Todas as parcelas dos tratamentos foram adubadas com Fósforo e Potássio segundo recomendações de Santos (2006) conforme o resultado da análise de solo e adubação orgânica com esterco bovino cerca de 1,0 kg por metro linear. A fonte de Nitrogênio utilizada foi a ureia parcelada a cada mês, aplicada via fertirrigação com auxílio de um injetor de fertilizante tipo pulmão (Figura 5).

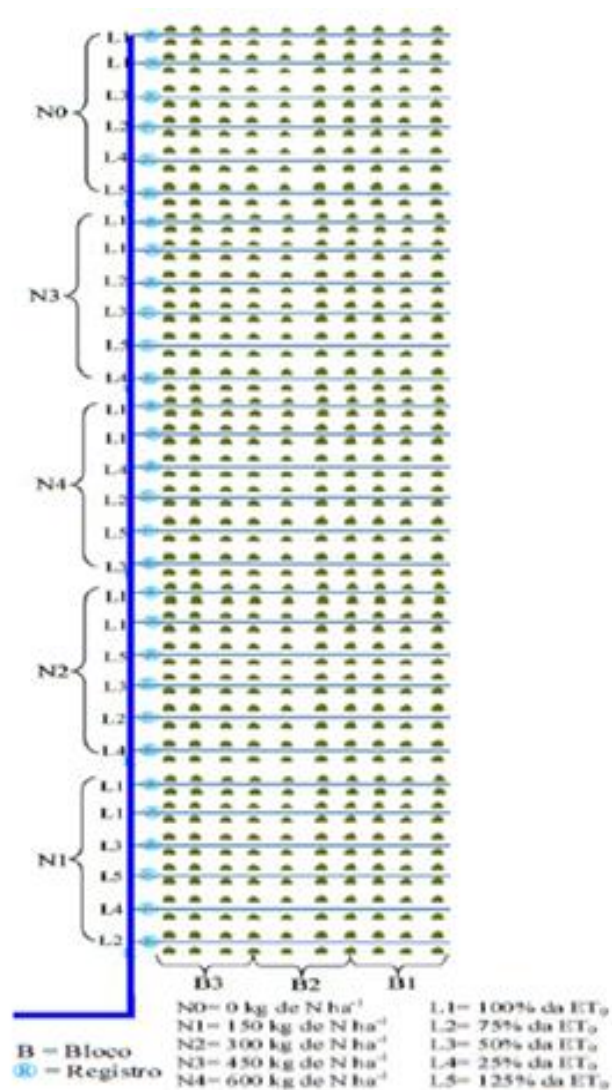


Figura 4 - Croqui da área experimental condições de campo.



Figura 5 - Injetor de fertilizante tipo Pulmão.

As raquetes foram obtidas de produtores rurais do município de Santarém – PB, em parceria com o instituto nacional do semiárido (INSA). O plantio das raquetes foi

em sulco com alinhamento bilateral de raquetes (Dominó), sendo utilizadas raquetes isentas de infestações com pragas e doenças, entre elas, a cochonilha-de-escamas. Essas raquetes passaram pelo período de cura à sombra, quando o cladódio perde parte da umidade e ocorre a cicatrização das lesões provocadas pela operação de corte no campo.

O período de cura foi de sete dias, onde se observará a perda de turgidez, ficando macia à compressão com os dedos e as lesões dos cortes estarão cicatrizadas. As raquetes foram dispostas nos sulcos de frente para o sol (nascente) e enterradas 50% com inclinação de 45° (SUASSUNA, 1993). O plantio foi efetuado no dia 29 de maio de 2015, sendo que os tratamentos se iniciaram 2 meses após o plantio.

4.3. Características do sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação pressurizada utilizado no experimento possuía motobomba centrífuga de 3 CV. A operação de funcionamento da bomba quanto ao horário de início e término de cada ciclo de aplicação, sendo realizada manualmente, obedecendo aos horários de início, duração de aplicação de cada lâmina. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema com tamanho superior ao diâmetro dos emissores, será utilizado um filtro de disco de 2", as linhas laterais de irrigação foram de 55 m comprimento, equipado com manômetros do tipo Bourdon testados e aferidos antes das irrigações. Foi instalado um hidrômetro no início da área experimental para a contabilização da quantidade de água aplicada durante a condução do experimento.

As irrigações foram aplicadas duas vezes por semana com base na evapotranspiração de referência e as adubações com nitrogênio, aplicada via fertirrigação a cada mês. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento com a utilização de tubo gotejador modelo Tiquira da Petroisa® com as seguintes características: tubo gotejador com espessura da parede de 0,2 mm; diâmetro interno de 16 mm; espaçamento entre gotejadores 0,20 m; pressão nominal de 7 m.c.a; vazão de 6,0 L h⁻¹ m⁻¹; Equação do emissor $q = 0,46 \times p^{0,5}$, sendo a eficiência de aplicação do sistema de 0,96.

A lâmina líquida de irrigação (La), aplicada em cada tratamento, foi determinada pela equação 01, levando em consideração a evapotranspiração de referência para os respectivos tratamentos (125, 100, 75, 50 e 25% da ET₀).

$$La = (ET_0 * LAP) - P \quad \text{eq.01}$$

Em que: L_a - lâmina a ser aplicada em cada tratamento (mm);

E_{To} - evapotranspiração de referência, mm;

LAP - Fração da lâmina aplicada em cada parcela, em decimal;

P - Precipitação efetiva no período, mm.

A lâmina bruta de irrigação aplicada em cada tratamento foi determinada levando em consideração a eficiência do sistema de irrigação (equação 02).

$$LB = \frac{L_a}{E_a} \quad \text{eq.02}$$

Em que: LB - lâmina bruta a ser aplicada em cada tratamento (mm);

L_a - lâmina a ser aplicada em cada tratamento (mm);

E_a - Eficiência de Aplicação do sistema de irrigação, decimal.

A intensidade de aplicação do sistema de irrigação foi determinada de acordo com a metodologia proposta por (MANTOVANI et al., 2012), equação 03.

$$I_a = \frac{N_e * q}{A} \quad \text{eq.03}$$

Em que: I_a - intensidade de aplicação do sistema de irrigação, em mm h^{-1} ;

N_e - número de emissores por planta, (dois por planta);

q - vazão dos emissores, $1,21 \text{ L h}^{-1}$; e

A - Área ocupada por planta, $0,30 \text{ m}^2$.

O tempo de irrigação necessário para aplicar a lâmina em cada tratamento foi determinado por meio da equação 04 (MANTOVANI et al., 2012).

$$T_i = \frac{LB}{I_a} \quad \text{eq.04}$$

Em que: T_i - tempo de irrigação, em h;

LB - lâmina bruta, em mm; e

I_a - intensidade de aplicação do sistema de irrigação, em mm h^{-1} .

4.4. Análises de solo e água

Com base nos resultados das análises granulométricas o solo do local possui classificação textural do tipo franco-arenosa (Tabela 2); foi coletada amostra de solo nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm (Tabela 1). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas e encaminhadas para posterior análise no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – CTRN/UFCG. O teor de nitrogênio no solo foi estimado com base na matéria orgânica; os valores de alguns atributos químicos, físicos e hídrico do solo, conforme as profundidades encontram-se descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40.

Profundidade (cm)	pH H ₂ O	Complexo Sortivo										SB	CTC
		MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	H ⁺	Al ³⁺			
	%.....									cmol _c dm ⁻³	
0 - 20	5,83	0,38	0,02	4,75	0,60	4,18	2,48	0,17	0,18	0,00	7,43	7,61	
20 - 40	6,15	0,22	0,01	4,78	0,63	4,65	2,86	0,51	0,15	0,00	8,65	8,80	

Profundidade (cm)	pH H ₂ O	Estrato de saturação.....								RAS
		Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	CEes	
	cmol _c L ⁻¹								dS m ⁻¹
0 - 20	5,44	7,50	0,00	9,90	5,12	1,50	3,70	2,37	1,14	1,30
20 - 40	5,70	19,50	0,00	9,90	9,87	3,00	14,08	5,96	2,86	2,35

Tabela 2 - Caracterização física do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos.

Granulometria			Porosidade	Densidade do solo	Densidade de partículas	Umidade					Água Disponível	
Areia	Silte	Argila				0,10	0,33	1,00	5,00	10,00		15,00
..... % g cm ⁻³ %							
74,83	17,28	7,89	44,23	1,47	1,39	18,56	12,10	9,34	5,15	4,88	4,44	7,66
67,71	18,30	13,99	46,48	1,39	2,60	20,14	14,79	10,28	6,29	6,01	5,39	9,40

Com base nos resultados expostos na Tabela 1, percebe-se que, com exceção dos teores de Al³⁺ que foram nulos e da matéria orgânica, que apresentou teores baixos, os demais elementos determinados nas análises de solo apresentaram seus teores elevados, segundo classificação proposta por Alvarez et al. (1999). Com relação aos valores de CEes (Tabela 1), nota-se que os valores de CEes encontrados foi considerado inadequado para o cultivo da forrageira.

As coletas de água para caracterização dos parâmetros: pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, CO₃⁻, Cl, sulfatos e RAS, CEa e a classificação da água foram realizadas a cada 3 meses, sendo as análises efetuadas no laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização da água residuária utilizada no experimento.

Amostra	Análise da água											Classe da água
	pH	Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	Sulfatos	RAS	CEa	
		Meq L ⁻¹								dS m ⁻¹		
1	7,48	2,21	2,98	8,44	0,56	0,64	3,25	11,47	Presença	5,31	1,37	C ₃ S ₄

4.5. Determinações hidro meteorológicas

Estimativa da Evapotranspiração de Referência

A estimativa da evapotranspiração de referência diária (ET₀) foi pelo método de Penman-Monteith equação 05, como recomendado pela FAO (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad \text{eq. 05}$$

Em que: ET₀ - é a evapotranspiração de referência diária (mm.d⁻¹);

R_n - é o saldo diário de radiação (MJ.m⁻².d⁻¹);

G - é o fluxo diário de calor no solo (MJ.m⁻².d⁻¹);

T - é a temperatura média diária do ar (°C);

u₂ - é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹);

e_s - é a pressão de saturação do vapor d'água média diária (kPa);

e_a - é a pressão de vapor média diária (kPa);

Δ - é a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T (kPa.°C⁻¹);

γ - é o coeficiente psicrométrico (kPa.°C⁻¹).

4.6. Análise de crescimento

Na avaliação de crescimento vegetativo da palma forrageira, foram observados aspectos morfométricos dos cladódios e das plantas. As características analisadas nos

cladódios foram: número de cladódios total através de contagem direta; largura, comprimento e espessura de cada cladódio, determinados com o auxílio de uma fita métrica e paquímetro digital e as taxas de crescimento relativo e absoluto. Na planta, será avaliada a altura e a largura de cada planta, considerando-se desde o solo à extremidade mais alta do artícuo, com auxílio de fita métrica.

Foram determinadas as taxas de crescimento absoluto e relativo da biomassa verde, aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos, conforme a metodologia proposta por Benincasa (2003).

O cálculo da taxa de crescimento absoluto é importante para indicar a variação ou incremento do crescimento da produção de massa verde da cultura entre duas amostragens sucessivas ao longo do ciclo, conforme a Equação 06.

$$TCA = \frac{L_2 - L_1}{T_2 - T_1} \quad \text{eq.06}$$

Em que: TCA - Taxa de crescimento absoluto da biomassa verde, em g dia⁻¹;

L – biomassa verde, em g;

T - Tempo, em dia; e

1 e 2 - Amostras sucessivas.

A taxa de crescimento relativo representa o acréscimo de biomassa verde em um intervalo de tempo por unidade de peso inicial, obtido conforme da Equação 07.

$$TCR = \frac{\ln L_2 - \ln L_1}{T_2 - T_1} \quad \text{eq.07}$$

Em que: TCR - Taxa de crescimento relativo em biomassa verde, em g g⁻¹ dia⁻¹;

Ln - logaritmo neperiano;

L – biomassa verde, em g;

T - Tempo, em dia; e

1 e 2 - Amostras sucessivas.

A área de cladódio e índice de área de cladódio com base nas equações 08.

$$AC = CC * LC * 0,693 \quad \text{eq. 08}$$

Em que: AC - área de cladódio, em cm²;

CC - comprimento do cladódio, em cm;

LC - largura do cladódio, em cm;

0,693 é um fator de correção em função do cladódio Santos (1992).

A partir da área do cladódio e do espaçamento das plantas, entre as fileiras de plantas, estimou-se o índice de área do cladódio (IAC, m² m⁻²) equação 9.

$$IAC = \frac{(\sum_{n=1}^{i-1} AC)}{\left(\frac{10000}{E_1 \cdot E_2}\right)} \quad \text{eq. 09}$$

Em que: IAC - índice de área do cladódio observado, em m² m⁻²;

10.000 - fator de conversão de cm² para m²;

AC - área de cladódio, em cm²;

E1×E2 - é o espaçamento entre fileiras e plantas.

4.7. Análise da produtividade

4.7.1. Produtividade estimada não destrutiva

A estimativa da biomassa verde da cultivar Orelha de Elefante, no campo, foi determinada segundo metodologia proposta por Menezes et al. (2005) e a massa média dos cladódios estimado com base na equação 10.

$$BMVC = C * L * E * 0,535 \quad \text{eq.10}$$

Em que: BMVC - biomassa de matéria verde do cladódio em g;

C - Comprimento médio dos cladódios em cm;

L - Largura média dos cladódios em cm;

E - Espessura média dos cladódios em cm;

0,535 - fator resultante da multiplicação do fator de correção da área (0,883) pelo peso específico corrigido (0,772 g cm⁻³), pelo valor de 3,14 e por ¼, provenientes do cálculo da área da elipse, em g cm⁻³.

Finalmente, para a obtenção da produtividade estimada, foi multiplicada a massa média dos cladódios pelo número médio de cladódios por planta e pelo número de plantas por hectare, para a obtenção da massa de matéria verde de palma em t ha⁻¹. As mensurações foram efetuadas a cada trinta dias após a aplicação dos tratamentos.

4.7.2. Produtividade estimada destrutiva

A produtividade real da palma forrageira foi determinada, diretamente em campo, no primeiro ano após o plantio. Para o procedimento, foram colhidas, em cada tratamento, as plantas dispostas nas áreas úteis das parcelas. O corte das plantas foi realizado na primeira inserção, deixando apenas a planta mãe. Em seguida procedeu-se à pesagem, em balança de precisão, de todos os cladódios colhidos, separando-os por parcela e por tratamento.

4.8. Uso Eficiente da água

A eficiência do uso de água pelas plantas é normalmente definida como sendo a produção comercial por unidade de água efetivamente utilizada pela cultura na forma de evapotranspiração (JENSEN, 2007). A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada de acordo Pieterse et al. (1997), através da seguinte equação 11.

$$EUA = \frac{P}{CA} \qquad EUA = \frac{P}{CN} \qquad \text{Eq. 11}$$

Em que: P – produtividade kg ha^{-1} ;

CA - consumo total de água por ciclo (mm).

CN- Consumo de nitrogênio (kg kg^{-1})

O aumento de produtividade pode ser atingido, por exemplo, com a simples escolha de uma cultivar mais produtiva ou adaptada às condições locais de cultivo, além da melhoria das práticas de cultivo, como a adequação do espaçamento entre plantas, da adubação, da irrigação e dos tratos fitossanitários.

4.9. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância simples, teste F e análise de regressão polinomial, onde se testou os coeficientes dos modelos com base no quadrado médio do resíduo da análise de variância, com o auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Consumo hídrico do período

O volume de água aplicado nas irrigações em função dos tratamentos ao longo do experimento, encontra-se na Tabela 4, sendo que a ET_0 média determinada foi de 7,6 mm. A diferença entre a menor e a maior lâmina de 296,88 mm, esta diferença resulta em melhores resultados para o crescimento e a produtividade da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana quando se compara L1 a L5. A precipitação total durante esse período do experimento foi de 446,90 mm.

Tabela 4 - volume de água aplicado via irrigação no período de condução do experimento para cada lâmina e total.

Lâminas	ET_0 (%)	Volume aplicado no período (mm)	Irrigação + Precipitação (mm)	Número de irrigações (Dias)	Total irrigado (mm)	Total irrigação + precipitação (mm)
L1	25	74,21	541,11			
L2	50	148,43	615,33			
L3	75	222,65	669,55	57	1113,28	1560,18
L4	100	296,87	743,77			
L5	125	371,09	817,99			

Queiroz et al. (2015) relatam um volume aplicado por lâmina de 976; 1048; 1096; 1152 e 1202 mm, com diferença entre a menor e maior lâmina fornecida, de apenas 226 mm, como consequência, as lâminas de irrigação impostas não influenciaram a maioria dos índices agrônômicos de resposta da cultura. Fato este que difere do observado no presente estudo, uma vez que as lâminas de irrigação influenciaram no crescimento e na produtividade da palma forrageira.

5.2. Variáveis de Crescimento

5.2.1. Número de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável número de cladódios total (NC) da palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para o número de cladódios (NC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	1,086 ^{ns}	8,555 ^{ns}	26,496 ^{ns}
Linear	1	0,006 ^{ns}	10,666 ^{ns}	29,040 ^{ns}
Quadrática	1	0,233 ^{ns}	1,542 ^{ns}	12,876 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	2,553 ^{ns}	34,655 ^{**}	59,571 ^{**}
Linear	1	2,041 ^{ns}	63,375 ^{**}	217,201 ^{**}
Quadrática	1	0,267 ^{ns}	29,344 [*]	9,858 ^{ns}
L x DN	16	2,536 [*]	12,471 [*]	14,936 ^{ns}
Bloco	2	2,813	2,443	2,743
Erro	48	1,226	5,689	15,246
C.V (%)	-	19,18	29,28	33,13
Méd. geral	-	5,77	8,15	11,78

^{ns} Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; ^{*}; ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Nota-se que não houve efeito significativo da lâmina de irrigação sob o número de cladódios total (NC) da palma forrageira em nenhuma das épocas avaliadas pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Isto revela que as diferentes lâminas de irrigação não contribuiu para o aumento no rendimento da palma forrageira em número de cladódios (Tabela 4). No entanto, deve-se ressaltar que, em regiões com precipitações acima de 1000 mm ano⁻¹, contribui-se para a redução do número de cladódios em função do excesso hídrico local (OLIVEIRA et al., 2010).

Para o fator doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação, verifica-se um efeito significativo pelo teste F ao nível de 1% aos 90 e 150 dias após aplicação dos tratamentos para a variável número de cladódios total. A interação entre os fatores estudados foi significativa ao nível de 5% pelo teste F aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 5).

O número de cladódios total em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos encontra-se na Figura 6. Observou-se que à medida que, se aumentou a dose de nitrogênio, houve um incremento no número de cladódios total da palma forrageira cultivar orelha de elefante, sendo que, na dose de 600 kg ha⁻¹ obteve-se 14,18 cladódios por planta.

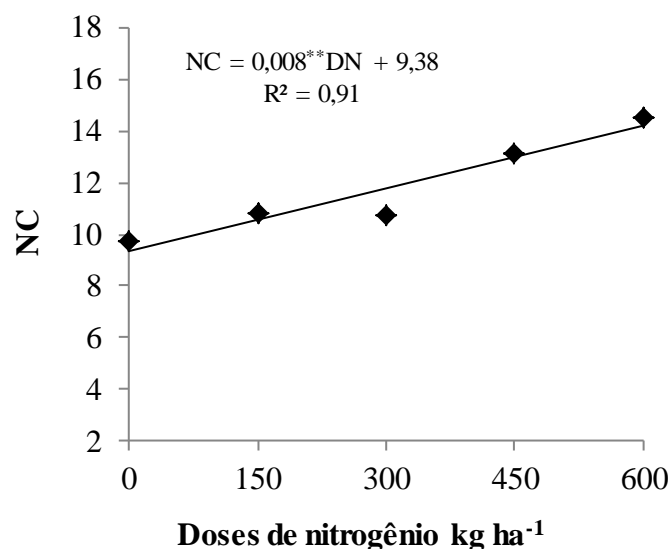


Figura 6 – Número de cladódios total de palma forrageira cv. Orelha de Elefante sob doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

O nitrogênio favorece a emissão de cladódios de palma por ser um nutriente que estimula a divisão celular a planta (TAIZ & ZAIGER, 2016). Cunha et al. (2012), ao estudar a morfometria e o acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio também, observaram que o nitrogênio favorece positivamente o número de cladódios de palma, sendo que, na dose de 300 kg ha⁻¹, obteve-se média de 36,08 cladódios por planta cv. Miúda.

A diferença entre a quantidade de cladódios obtida neste trabalho quando comparado ao trabalho de Cunha et al. (2012), está relacionado ao fato de a cultivar ser pertencente à espécie *Napolea* que possui hábito de crescimento ereto, fato que favorece a emissão de cladódios.

O desdobramento da interação lâmina de irrigação x doses de nitrogênio aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos encontra-se nas Figuras 7A e B.

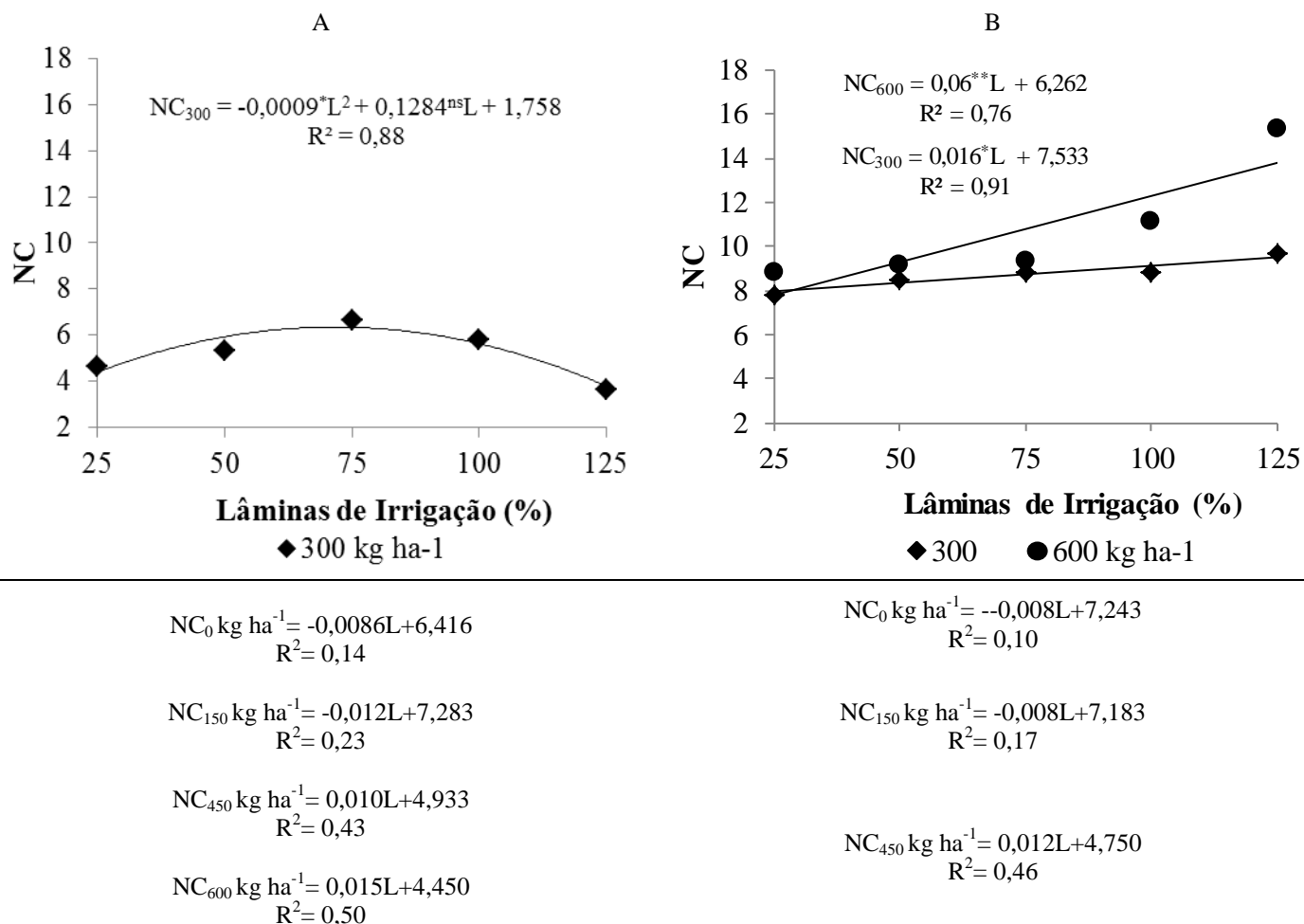


Figura 7 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o número de cladódios (NC) de palma forrageira cv. Orelha de Elefante aos 30(A) e 90(B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Nota-se que a interação foi significativa apenas para a dose de 300 kg ha⁻¹, sendo que o máximo número de cladódios foi obtido com a lâmina de 71,33%, correspondendo a 6,34 cladódios em cada planta de palma aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 7A). Valores estes superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2009) que obtiveram 3,92 cladódios por plantas e Araújo Primo (2013) que encontrou 4,45.

Silva et al. (2015), ao estudar o crescimento e a produção de palma forrageira sob fertilização mineral, encontraram, aos 30 dias após o plantio, 4,62 cladódios por planta na mesma espécie do presente estudo.

O modelo matemático que melhor se ajustou à interação de lâminas de irrigação x doses de adubação nitrogenada (300 e 600 kg ha⁻¹) foi o linear aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 7B). Observa-se que, a medida que se aumentou a lâmina de irrigação houve incremento positivo no número de cladódios por planta,

sendo que, na lâmina de 125% da ETo foi onde se verificou o maior NC 9,53 e 13,76, respectivamente para as doses de 300 e 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

É possível verificar que nas plantas submetidas a maior dose de nitrogênio houve maior número de cladódios, fato que pode ser justificado devido o nitrogênio favorecer emissão de cladódios pela planta (Araújo & Machado, 2006).

Queiroz et al. (2015), estudando as características morfofisiológicas e a produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, observaram que o número de cladódios aumentou com o incremento na lâmina de irrigação, evidenciando a eficiência do uso de água pela cultura.

5.2.2. Comprimento de cladódios

O resumo da análise de variância para o comprimento de cladódios (CC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 6.

Observa-se um efeito significativo da lâmina de irrigação aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. Para o fator isolado doses de nitrogênio, não se verificou significância para nenhuma das épocas avaliadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para o comprimento de cladódios (CC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após o plantio.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	33,603 ^{**}	43,518 ^{**}	15,131 ^{ns}
Linear	1	79,891 ^{**}	136,956 ^{**}	39,280 ^{ns}
Quadrática	1	29,816 ^{**}	8,849 ^{ns}	0,485 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	4,971 ^{ns}	18,061 ^{ns}	15,698 ^{ns}
Linear	1	6,024 ^{ns}	6,443 ^{ns}	30,402 ^{ns}
Quadrática	1	0,389 ^{ns}	12,274 ^{ns}	7,699 ^{ns}
L x DN	16	10,082 ^{**}	9,722 ^{ns}	9,878 ^{ns}
Bloco	2	6,824	8,702	11,680
Erro	48	3,162	6,095	9,793
C.V (%)	-	8,39	10,69	12,22
Méd. geral	-	21,20	23,08	25,60

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Silva et al. (2011) verificaram em seu estudo relacionado às características morfológicas e a produção de matéria seca da palma forrageira cv. gigante adensada submetida à adubação nitrogenada que as diferentes doses de nitrogênio aplicadas não influenciaram as características morfológicas cv. Gigante aos seis meses após o plantio, corroborando os dados obtidos no presente estudo para o comprimento de cladódios.

A interação entre os fatores estudados lâmina de irrigação e doses de nitrogênio foi significativa ao nível de 1% pelo teste F, para a avaliação realizada aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 6).

O desdobramento da interação lâmina de irrigação doses de adubação nitrogenada para o comprimento dos cladódios de palma forrageira aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos e o fator isolado lâminas de irrigação aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos encontram-se na Figura 8.

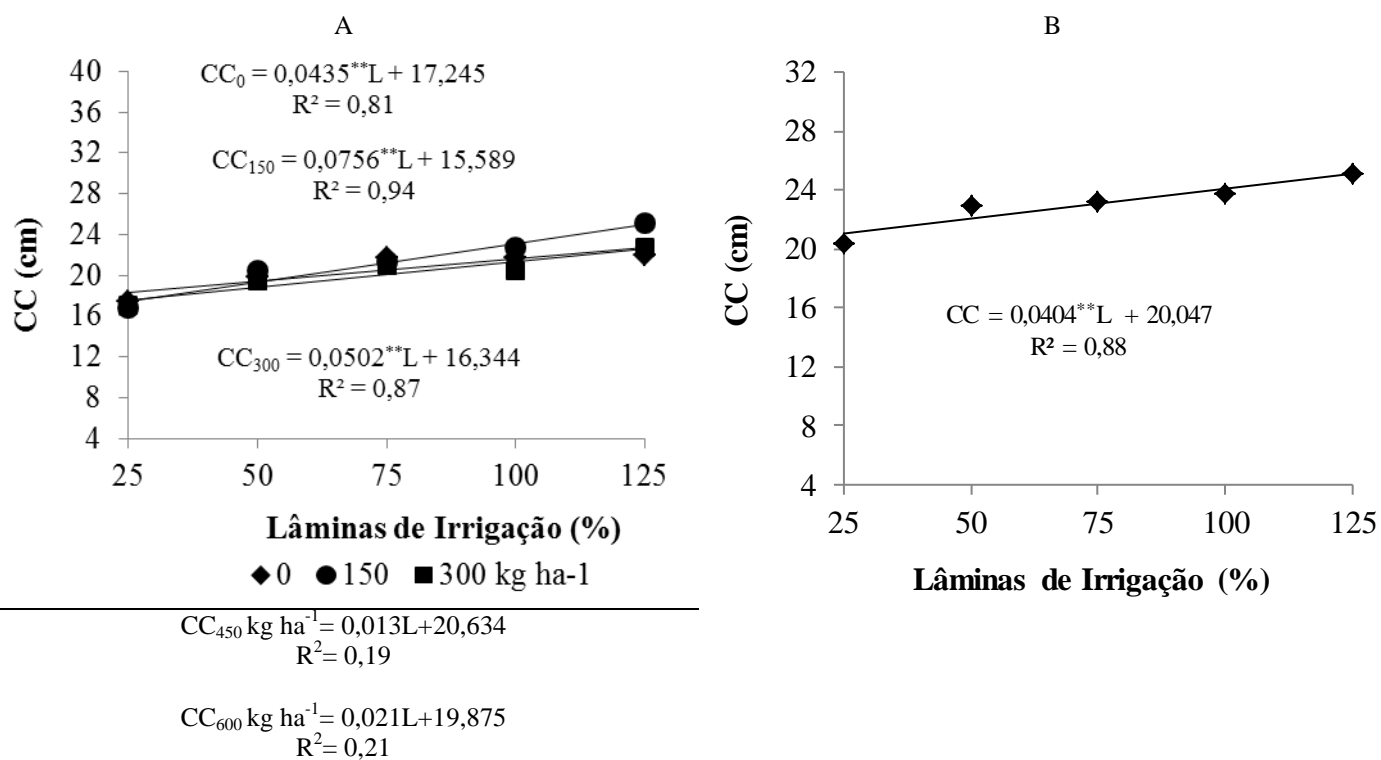


Figura 8 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o comprimento de cladódios (CC) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (A) e efeito isolado da lâmina de irrigação sob o comprimento do cladódio de palma forrageira aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos (B).

Houve efeito da interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio 0; 150 e 300 kg ha⁻¹, as demais não apresentaram efeito significativo aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 8A). Verificou-se, ainda que, à medida que aumentou a lâmina de irrigação, constatou-se um acréscimo no CC nas três doses de adubação

nitrogenada, sendo as maiores médias verificadas na lâmina de 125%, correspondendo a 22,68; 25,04 e 22,62 cm, respectivamente, para as doses 0; 150 e 300 kg ha⁻¹.

Estes resultados são superiores aos encontrados por Pereira et al. (2015) ao estudar a morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento que relatou encontrar aos 28 dias após a semeadura, 17,20 cm de comprimento de cladódio.

Para Nascimento et al. (2011) o comprimento de cladódio da palma forrageira é significativamente influenciado pela adubação utilizada, fato este que reafirma os resultados obtidos no presente estudo.

De acordo com as equações de regressão, o modelo matemático que melhor se ajustou ao efeito isolado da lâmina de irrigação sob o comprimento dos cladódios aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos foi linear (Figura 8B). Nota-se que, a cada incremento unitário na lâmina de irrigação, houve um acréscimo de 0,0404 cm no comprimento dos cladódios, sendo que o maior CC foi obtido na lâmina de 125% correspondendo a 25,09 cm.

Bajgain et al. (2015) e Queiroz et al. (2015) relatam que não houve efeito das lâminas de irrigação sobre o comprimento de cladódios, fato que possivelmente está associada à pequena diferença entre as lâminas de irrigação estudadas, resultado este que difere do encontrado no presente estudo.

5.2.3. Largura de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável largura de cladódios (LC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para a largura de cladódios (LC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	82,868**	91,513**	5,751 ^{ns}
Linear	1	218,768**	246,323**	2,956 ^{ns}
Quadrática	1	32,560**	30,950**	12,356 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	7,114*	6,308*	8,959 ^{ns}
Linear	1	0,637 ^{ns}	14,217*	31,400 ^{ns}
Quadrática	1	1,045 ^{ns}	2,752 ^{ns}	2,988 ^{ns}
L x DN	16	17,528**	20,599**	8,101 ^{ns}
Bloco	2	8,114	11,814	0,221
Erro	48	2,215	2,415	4,990
C.V (%)	-	9,54	9,11	8,97
Méd. geral	-	15,60	17,06	24,91

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Os fatores isolados lâmina de irrigação e doses de nitrogênio influenciaram de forma significativa a largura de cladódios (LC) de palma forrageira ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 7). A interação entre os fatores estudados lâmina de irrigação x doses de nitrogênio influenciou a largura de cladódios ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F aos 30 e 90 DAT (Tabela 7). Fato que discorda dos dados obtidos por Rego et al. (2014) que não verificaram diferença significativa da adubação para largura de cladódios de palma forrageira.

A interação entre os tratamentos lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos para a largura de cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana encontra-se, na Figura 9.

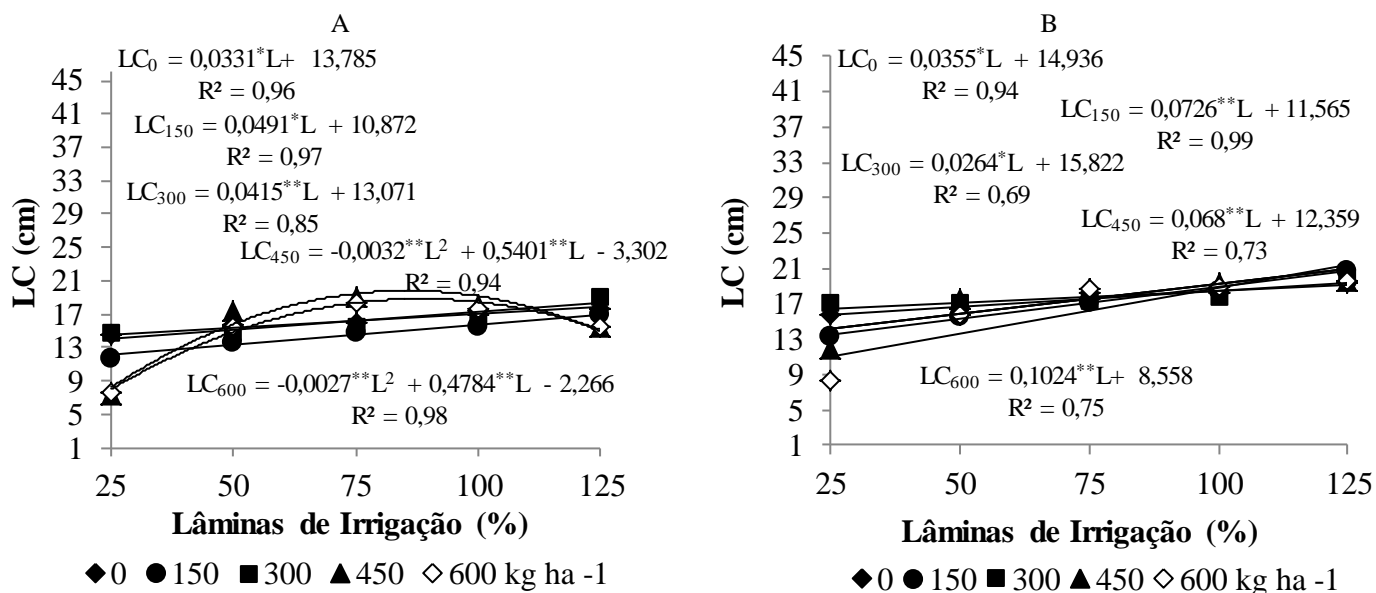


Figura 9– Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a largura de cladódios de palma forrageira (LC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Houve efeito da interação entre lâmina de irrigação e doses de nitrogênio para a variável largura de cladódios aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 9A), para todas as doses de nitrogênio, nas doses 0; 150 e 300 kg ha⁻¹ a equação que melhor se ajustou foi a linear, com taxa de acréscimo por incremento unitário de lâmina de irrigação de 0,033; 0,049 e 0,041 cm. Observa-se, ainda que as maiores médias de LC foram obtidas na lâmina de irrigação de 125%, correspondendo a 17,91; 17,00 e 18,25 cm, respectivamente, para as doses 0; 150 e 300 kg ha⁻¹.

Para as doses de 450 e 600 kg ha⁻¹ o modelo matemático que melhor se ajustou à largura de cladódios aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos foi o quadrático (Figura 9 A). Sendo o máximo rendimento obtido com 84,39 e 88,59% da lâmina de irrigação, correspondendo às médias de 19,49 e 18,92 cm de largura de cladódios.

Para Queiroz et al. (2015) o aumento na lâmina de irrigação não influenciou a largura de cladódios de palma forrageira. Para Hernandez et al. (2004), os resultados positivos do aumento da lâmina de irrigação no crescimento da palma forrageira nas regiões onde as precipitações são irregulares e com baixos índices quando comparado a regiões com valores de precipitação superam 740 mm.

Ramos et al. (2015) verificaram que, quando se aumentou a dose de adubo, houve um incremento na largura dos cladódios de palma forrageira obtendo média de 20,62 cm aos 720 dias após a semeadura, resultado este condizente com os obtidos no presente estudo mesmo com idade inferior.

Aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos também se verificou o efeito da interação lâmina de irrigação doses de nitrogênio para a largura de cladódios (Figura 9B), em todas as doses de nitrogênio verificou-se o efeito, sendo que com o aumento da lâmina de irrigação observou-se também um acréscimo na largura de cladódios, e as maiores médias foram obtidas na lâmina de 125% da ET_0 , correspondendo a 19,37; 20,64; 19,12; 20,85 e 21,35, respectivamente, para as doses de 0; 150; 300; 450 e 600 $kg\ ha^{-1}$.

O acréscimo nos valores médio possivelmente estão relacionados à maior disponibilidade hídrica fornecida nas maiores lâminas de irrigação associadas às maiores doses de nitrogênio, favorecendo a assimilação e a conversão em fotoassimilados fato que estimula o crescimento das plantas (TAIZ & ZAIGER, 2016).

5.2.4. Espessura de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável espessura de cladódios (EC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAP) encontra-se na Tabela 8.

Observou-se um efeito significativo da lâmina de irrigação sobre a variável espessura de Cladódio (EC) ao nível de ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) para as avaliações realizadas aos 30; 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos. O fator doses de nitrogênio manejo foi significativo em nível de ($p < 0,01$) para a (EC) aos 30 e 90 DAT. Verificou-se um efeito significativo para a interação entre lâmina de irrigação e doses de nitrogênio (L X DN) ao nível de ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) para a espessura de cladódios aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 8).

Dubeux Junior et al. (2010) relatam que a adubação é uma estratégia eficiente para o aumento das características morfológicas da palma forrageira e contribuiu, conseqüentemente, para aumentar a produção.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	2,385*	21,247**	6,943**
Linear	1	6,427**	81,386**	20,594**
Quadrática	1	1,503 ^{ns}	2,556 ^{ns}	0,046 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	3,323**	17,057**	1,474 ^{ns}
Linear	1	4,990**	33,568**	0,193 ^{ns}
Quadrática	1	2,184 ^{ns}	1,844 ^{ns}	1,374 ^{ns}
L x DN	16	1,698*	3,587**	1,626 ^{ns}
Bloco	2	0,076	1,582	0,610
Erro	48	0,790	1,357	0,915
C.V (%)	-	11,29	11,24	7,51
Méd. geral	-	7,87	10,36	12,73

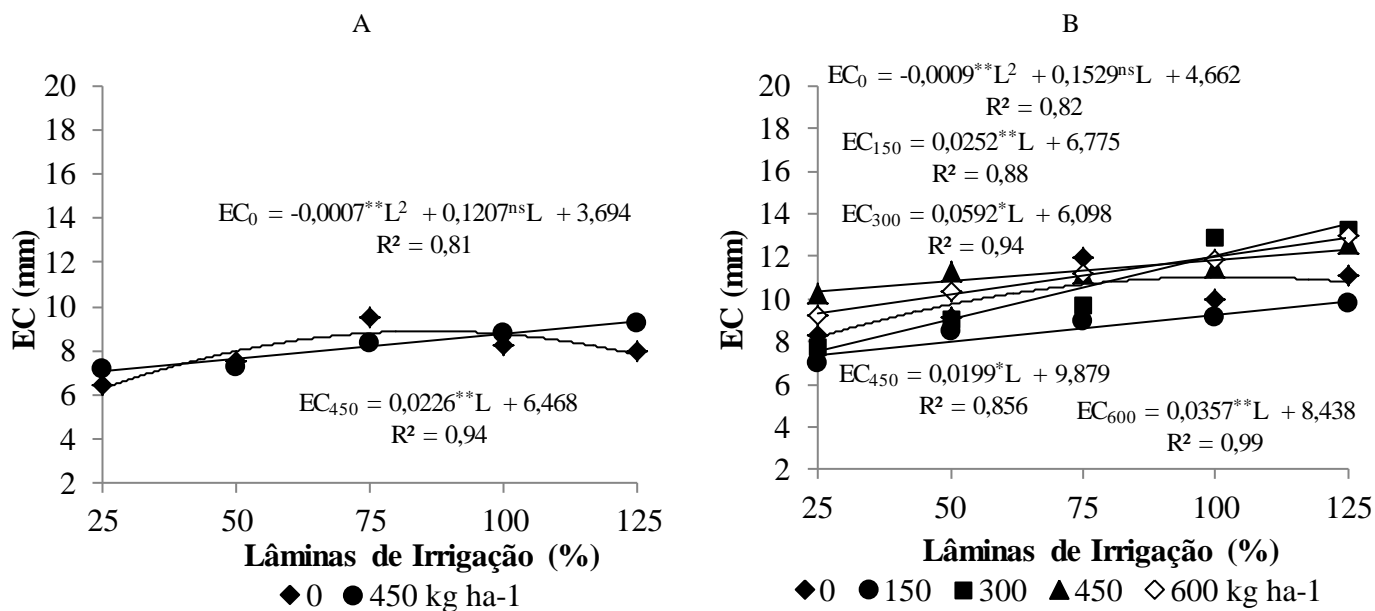
^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Queiroz et al. (2015) relatam que, em seu estudo, as lâminas de irrigação (0; 8,75; 17,5; 26,35 e 35% da evapotranspiração de referência) impostas não influenciaram as características morfológicas da palma forrageira, resultado este que difere do encontrado na presente pesquisa, o que pode estar relacionado às maiores taxas de evapotranspiração utilizadas neste trabalho.

O desdobramento da interação para os fatores estudados para a espessura de cladódios de palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos encontra-se, na Figura 10.

O desdobramento da interação para os fatores estudados em relação à espessura de cladódios nas doses de 0 e 450 kg ha⁻¹ de nitrogênio nos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 10A), nota-se que, para as doses de 0 kg ha⁻¹ de N, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, sendo que o máximo rendimento foi obtido na lâmina de 86,21% da ET₀, com média de 8,89 mm de espessura. Já na dose de 450 kg ha⁻¹ de N, o efeito foi linear com maior média obtida na lâmina de 125% da ET₀, correspondendo a 9,29 mm de EC.

Constatou-se, ainda, de acordo com a equação de regressão para dose de 450 kg ha⁻¹ de N, que a taxa de acréscimo por incremento a cada 25% de lâmina foi de 0,56mm.



$$EC_{150} \text{ kg ha}^{-1} = 0,0111L + 6,221$$

$$R^2 = 0,54$$

$$EC_{300} \text{ kg ha}^{-1} = 0,009L + 7,200$$

$$R^2 = 0,22$$

$$EC_{600} \text{ kg ha}^{-1} = 0,009L + 7,554$$

$$R^2 = 0,48$$

Figura 10 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a espessura de cladódios de palma forrageira (EC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Para Pereira et al. (2015), a cultivar orelha de elefante mexicana possui maior potência para se adaptar às condições de deficiência hídrica, por apresenta uma maior reserva de água, no entanto, quando irrigada de forma adequada, a cultivar tem bons resultados. Os cladódios ficam mais turgidos, porém, tal aspectos é um dos principais atributos das plantas CAM, a qual é expressa morfológicamente ou anatomicamente por meio de uma maior espessura dos cladódios em função da maior quantidade de água armazenada (NOBEL, 2001).

Silva Neto et al. (2008), conduzindo experimento com adubação em palma forrageira em São João do Cariri (PB), em campo, aos 180 dias após o plantio obtiveram valor médio 1,85 cm, superior aos valores obtidos no presente estudo, fato que pode ser justificado devido ao fato de as plantas serem mais novas.

De acordo com a equação de regressão para a espessura de cladódios (EC), resultante do desdobramento dos fatores para as doses 0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ N aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 10B) o modelo matemático que melhor se ajustou para à dose 0 kg ha⁻¹ N foi o quadrático e para as demais foi o linear.

Nota-se que o máximo rendimento para a dose 0 kg ha⁻¹ de nitrogênio foi obtido na lâmina de 84,94% da ET₀, com média de 11,15 mm; para as doses 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ de N, as maiores médias foram obtidas na lâmina de 125% da ET₀, correspondendo a 9,92; 13,49; 12,36 e 12,90 mm, respectivamente.

Verificar-se, ainda, que a associação lâmina de irrigação 125% da ET₀ x dose de nitrogênio 300 kg ha⁻¹ de N foi a que evidenciou o maior rendimento para a espessura de cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana.

Silva et al. (2011), estudando as características morfológicas e a produção de matéria seca da palma forrageira cv. gigante adensada submetida à adubação nitrogenada observaram que o máximo rendimento para a espessura de cladódios foi verificada na dose de 0 e 70 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, correspondendo a 13 mm. Resultado este semelhante ao obtido no presente estudo, porém com maiores doses de nitrogênio e a planta com apenas 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

A espessura de cladódios em função da lâmina de irrigação aos 150 DAT encontra-se na Figura 11. Verifica-se, que à medida que aumentou a lâmina de irrigação, houve um acréscimo na espessura de cladódios, sendo que o maior rendimento foi obtido na lâmina de 125% da ET₀, correspondendo a média de 13,57 mm.

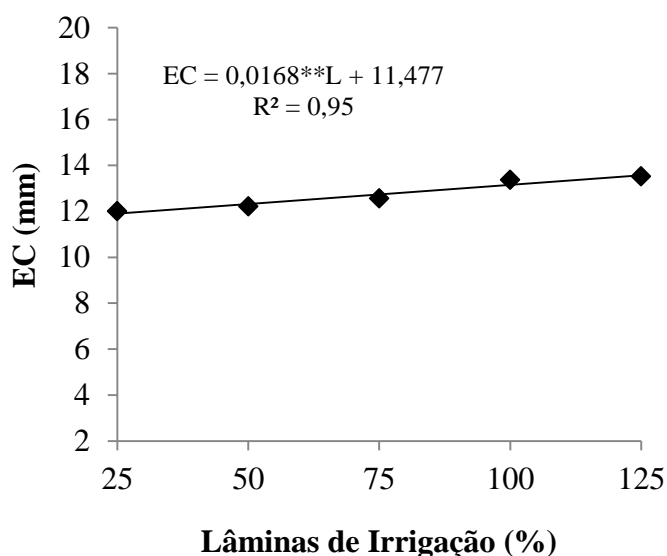


Figura 11 – Espessura de cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das diferentes lâminas de irrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Merwer et al. (1997) observaram que nas semiáridas da África do Sul, lâminas de irrigação de 12,0 mm aplicadas semanalmente em um período de sete meses de ciclo, não influenciaram, de forma significativa, as variáveis morfológicas da palma

forrageira. Resultado este que difere do encontrado no presente estudo, uma vez que, com o aumento da lâmina houve um acréscimo significativo na espessura dos cladódios da cultivar orelha de elefante mexicana.

5.2.5. Altura de planta

O resumo da análise de variância para a variável altura de plantas (AP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 9.

Verifica-se que os fatores isolados lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada aplicados via fertirrigação em palma forrageira cultivar orelha de elefante influenciaram, significativamente ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, a variável altura de plantas aos 30; 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos. Observa-se, ainda, que não houve efeito da interação entre os fatores estudados para nenhuma das épocas avaliadas para AP (Tabela 9).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para a altura de plantas (AP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	80,611**	197,011**	494,088**
Linear	1	230,640**	610,041**	1539,201**
Quadrática	1	2,100 ^{ns}	0,058 ^{ns}	106,429 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	72,761**	313,586**	586,138**
Linear	1	233,126**	1093,500**	2192,681**
Quadrática	1	0,019 ^{ns}	34,404 ^{ns}	2,858 ^{ns}
L x DN	16	13,653 ^{ns}	52,855 ^{ns}	98,711 ^{ns}
Bloco	2	17,603	18,863	25,803
Erro	48	21,079	29,509	56,164
C.V (%)	-	9,83	10,19	12,27
Méd. geral	-	46,693	53,326	61,053

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação à variável altura de plantas aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, nota-se efeito um linear para os fatores isolados lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada, na medida em que se elevou a lâmina de irrigação (Figura 12A) e a dose de nitrogênio aplicados via fertirrigação (Figura 12B), o que aumentou a altura de plantas de palma forrageira de forma linear, sendo que os máximos

rendimentos foram obtidos na lâmina de 125% da ET_0 , e na dose de 600 kg de N ha^{-1} , com médias de 50,94 e 49,50 cm, respectivamente.

Silva et al. (2015) obtiveram, em seu estudo 80,56 cm para a altura de plantas da orelha de elefante aos 725 dias após o corte, estes resultados estão acima dos encontrados no presente estudo, porém, as plantas deste trabalho são bem mais novas. Para Ramos et al. (2015) a altura de planta da palma forrageira é uma importante característica que normalmente se correlaciona com a produção da cultura. Este fato possivelmente está associado à melhoria da fertilidade do solo e da disponibilidade hídrica fornecida contribuindo para o desenvolvimento da planta.

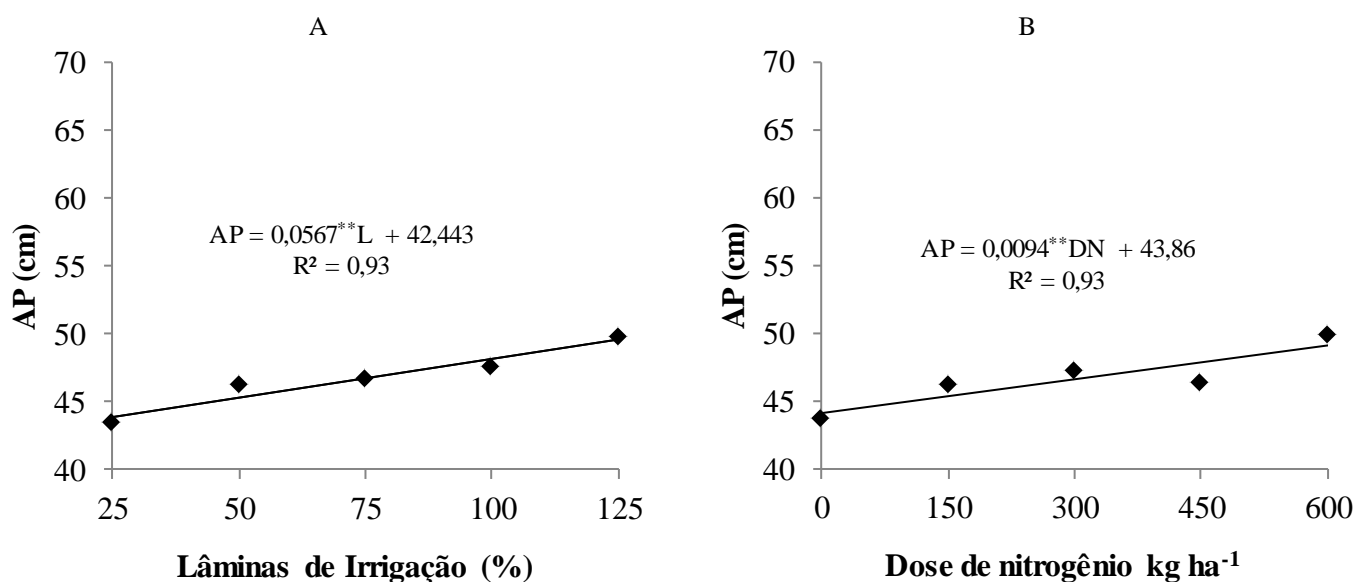


Figura 12– Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

De acordo com a equação de regressão (Figura 13A e B), a altura de plantas de palma forrageira aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos atingiu seu ponto de máximo em 125% da ET_0 e 600 kg de N ha^{-1} .

Silva et al. (2015), ao estudar o crescimento e a produção de palma forrageira sob fertilização mineral, observaram que a altura de plantas de palma forrageira teve incremento significativo com a adubação mineral, obtendo, aos 90 dias após o plantio, média de AP correspondendo 46,91cm, esta média é inferior ao obtido no presente estudo 57,86 e 58,72 cm, respectivamente para a lâmina de 125% da ET_0 e dose de 600 kg de N ha^{-1} , fato que possivelmente está relacionado à maior quantidade de adubo nitrogenado fornecido na cultura além do fornecimento hídrico adequado.

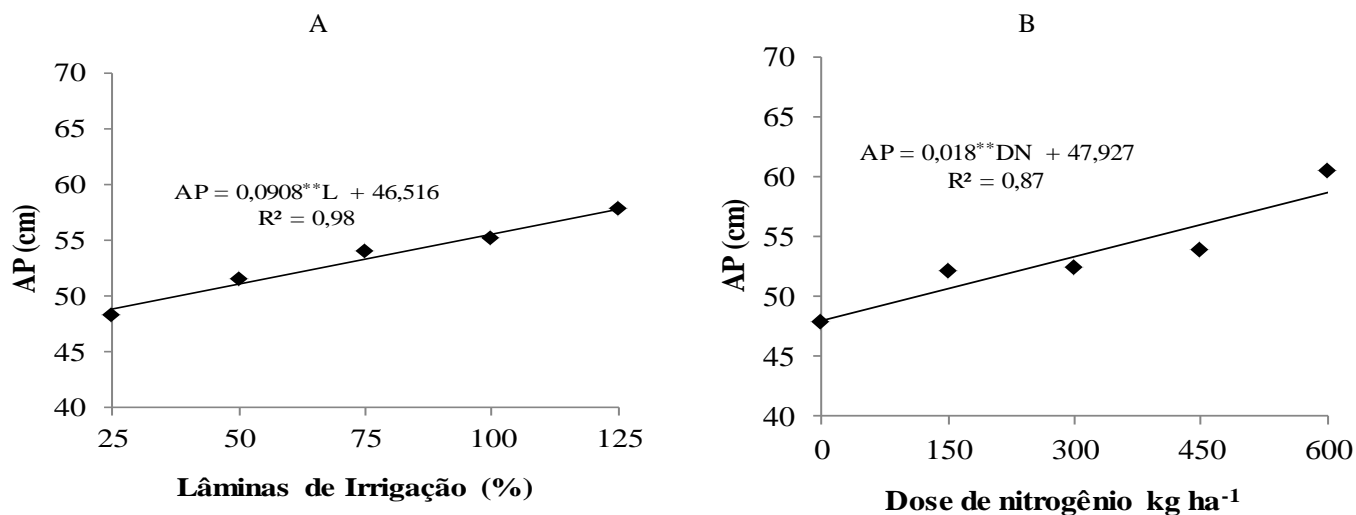


Figura 13 – Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

Ramos et al. (2015) afirmam que a palma quando adubada com nitrogênio tem seu crescimento em altura incrementado, sendo este elemento o que mais limita a produção da forrageira.

O modelo matemático que melhor se ajustou à altura de plantas de palma forrageira aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos foi o linear, sendo que, na medida em que se aumentou a lâmina de irrigação (Figura 14A) e a dose de nitrogênio aplicados via fertirrigação (Figura 14B), elevou-se a AP e os maiores valores foram obtidos na lâmina de 125% da ET_0 e na dose de 600 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 68,11 e 68,16 cm.

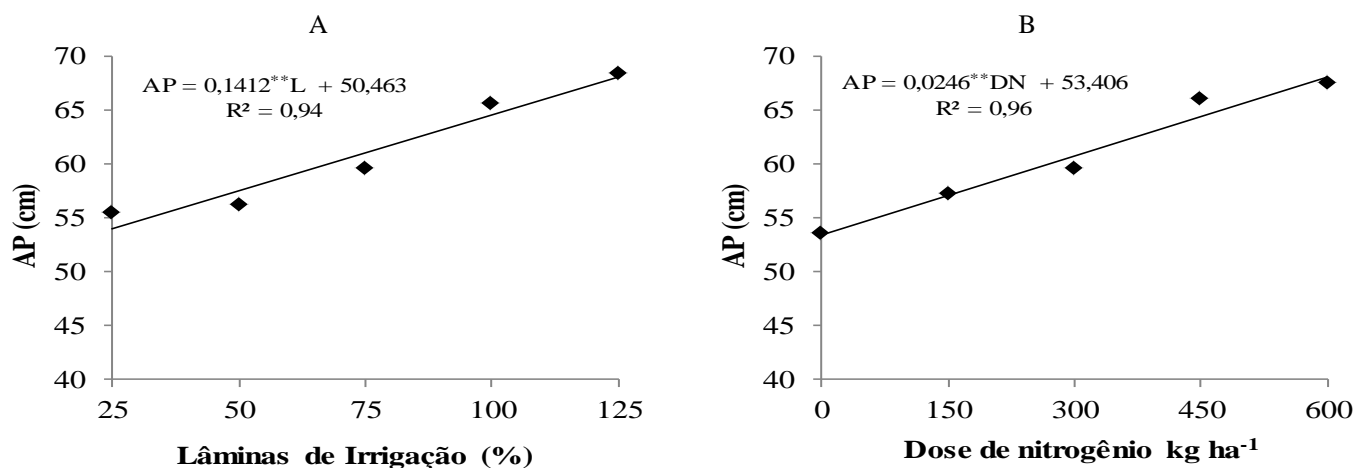


Figura 14 – Altura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das lâminas de irrigação (A) e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Resultado condizente com os relatos por Ramos et al. (2011) que obteve média de 67,80 cm para altura de plantas de palma forrageira aos 455 dias após o plantio. Estes dados significam que a palma forrageira quando adubada e irrigada de forma adequada, pode ser colhida com poucos dias, deixando apenas os cladódios primários para a rebrota, o que favorece a emissão de cladódios e o suprimento da alimentação animal.

5.2.6. Largura de planta

O resumo da análise de variância para a variável largura de plantas (LP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 10. Constatou-se o efeito da lâmina de irrigação pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para a largura de planta aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, não sendo verificado efeito da lâmina aos 90 e 150 DAT (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para a largura de plantas (LP) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	73,253*	88,016 ^{ns}	144,588 ^{ns}
Linear	1	138,240*	32,666 ^{ns}	380,806 ^{ns}
Quadrática	1	4,876 ^{ns}	6,876 ^{ns}	10,971 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	158,145**	984,475**	1705,038**
Linear	1	276,081**	3001,606**	6240,375**
Quadrática	1	90,029 ^{ns}	0,171 ^{ns}	73,810 ^{ns}
L x DN	16	50,586 ^{ns}	121,658*	239,448*
Bloco	2	107,730	87,970	69,693
Erro	48	30,855	61,532	126,533
C.V (%)	-	10,99	13,59	15,05
Méd. geral	-	50,560	57,700	74,753

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *; ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

O fator doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação influenciou significativamente pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade a variável LC aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 10). Houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados L x DN ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para a largura de cladódio aos 90 e 1150 DAT.

De acordo com os estudos de regressão o modelo matemático que melhor se ajustou foi o linear para a largura de plantas em função da lâmina de irrigação aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 15A). Quando se elevou a lâmina de irrigação aplicada houve aumento na largura de plantas, sendo que o maior valor foi verificado na lâmina de 125% da ET_0 , correspondendo a 53,26 cm.

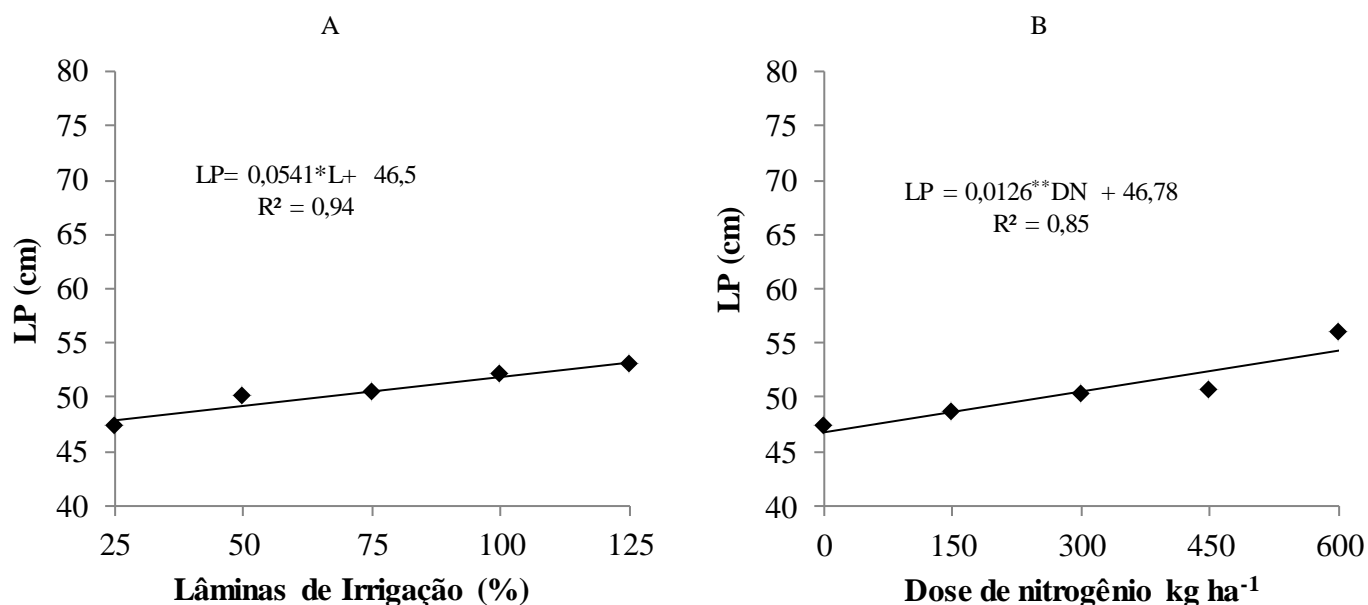


Figura 15 – largura da planta de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função lâmina de irrigação (A) e em função da das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (B) aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

Queiroz et al.(2015) observou, aos 380 dias de ciclo, que as diferentes lâminas de irrigação aplicadas não influenciaram a largura de plantas de palma forrageira. Resultado este que difere do obtido no presente estudo, possivelmente este fato está relacionado às menores lâmina (0; 8,75; 17,5; 26,35 e 35% da evapotranspiração de referência) utilizadas quando comparadas às destes trabalho.

Em relação à largura de plantas de palma forrageira aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada, observou-se um efeito linear crescente, sendo que na dose de 600 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$ foi obtida a maior LP 54,34cm (Figura 15B).

Silva et al. (2015) observaram que a adubação mineral não influenciou a largura de plantas de palma forrageira, porém, quando se aplicou NPK na fundação, observou-se as maiores médias quando comparadas aos tratamentos sem aplicação de adubo.

Nascimento et al. (2011), ao estudar as características morfométricas da palma forrageira submetida a diferentes adubações, observaram não haver diferença quando adubada com nutrientes minerais para a variável largura de planta da cultivar Orelha de

Elefante Mexicana. Fato que se justifica pela quantidade de adubo nitrogenado aplicado ter sido inferior ao fornecido neste estudo, uma vez que a adubação nitrogenada favorece a emissão de cladódios e conseqüentemente o crescimento em largura das plantas.

O desdobramento da interação L x DN em relação a largura de plantas da cultivar orelha de elefante aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos encontra-se na Figura 16A. O modelo matemático que melhor se ajustou para a dose de 150 kg de N ha⁻¹ foi o linear, sendo que a maior LP foi obtida na lâmina de 125% da ET₀, correspondendo a 69,56 cm.

Para a dose de 600 kg de N ha⁻¹, o melhor ajuste foi o quadrático com máximo rendimento em largura de planta obtido na lâmina de 93,10% da ET₀ com média de 76,59cm. Nota-se ainda que na dose de 600 kg de N ha⁻¹ quando comparada à de 150 kg de N ha⁻¹ teve melhor rendimento em LP, significando que, quanto maior a dose de nitrogênio aplicado maior será o crescimento da cultura (Figura 16A).

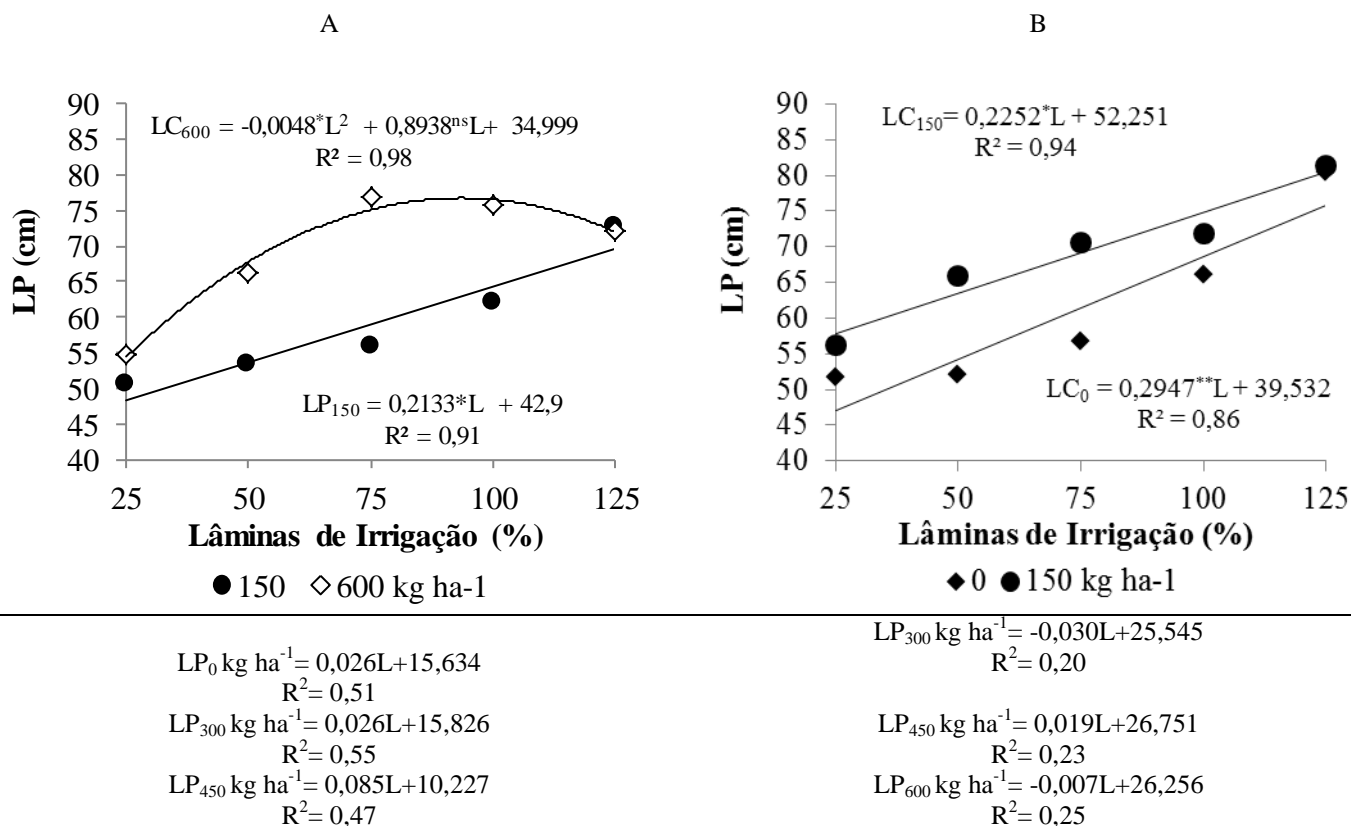


Figura 16 – Efeito das lamina de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a largura da planta de palma forrageira (LP) aos 90(A) e 150 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Queiroz et al. (2015) relatam não ter havido diferença significativa entre as lâminas aplicadas para a variável LP, no entanto revelam que as evoluções hídricas

demonstraram tendência de decréscimo de suas taxas com o aumento da lâmina de água aplicada indicando que uma disponibilidade hídrica maior reduz a capacidade de utilização de água para o crescimento da planta (Taiz & Zaiger, 2016).

Silva Neto et al. (2008), ao estudar a palma forrageira (*Opuntia fícus- indica* Mill.), em trabalho conduzido no município de Teixeira - PB, em função do espaçamento e doses de adubação, observaram o valor médio para a largura de cladódios de 16,03 cm aos 360 dias após o plantio, este resultado difere do obtido no presente estudo uma vez que foi obtido valor superior a este, possivelmente este resultado tenha decorrido da maior concentração de adubo nitrogenado aplicado neste trabalho.

Aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos houve efeito significativo para a largura de plantas em função da interação L x DN, sendo que as dose de 0 e 150 kg de N ha⁻¹ tiveram efeito linear, de modo que os maiores resultados foram obtidos na lâmina de 125% da ET₀ correspondendo a 76,36 e 80,40 cm, respectivamente (Figura 16B). Verifica-se, ainda, que a dose de 150 kg de N ha⁻¹ evidenciou as maiores médias em todas as lâminas estudadas.

Para Pereira et al. (2015) a palma forrageira sofre alterações em sua morfologia quando submetida a distintas condições de disponibilidade hídrica e alterações climáticas. Deste modo, as análises de morfogênese que permitem exibir os distintos padrões de resposta das plantas, têm contribuído para a tomada de decisão no manejo das diferentes espécies (Cunha et al., 2012).

Pereira et al. (2015) relatam em seu estudo conduzido em Serra Talhada, que as plantas de palma, quando submetidas a diferentes disponibilidades hídricas não diferiram estatisticamente para a LP, sendo o maior valor obtido para a orelha de elefante de 56,8cm aos 359 dias após o corte.

Donato et al. (2014) relatam que a largura de planta de palma forrageira aos 600 dias após o plantio foi de 16,3 cm e que a adubação orgânica à base de esterco não influenciou o crescimento em LP da cultura. Esses resultados são bem inferiores aos obtidos neste estudo com plantas de com apenas 150 dias a após aplicação dos tratamentos, provavelmente porque tal fato esteja relacionado com as condições e de manejo de irrigação e de adubação que foram adotados.

5.2.7. Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo

O resumo da análise de variância para a variável taxas de crescimento absoluto e relativo (TCA e TCR) em massa verde de cladódios de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 11.

Observa-se que a lâmina de irrigação influenciou ao nível de 5% pelo teste de F as taxas de crescimento absoluto (TCA) ao nível de 1% de probabilidade dos 30 aos 90 DAT e relativo (TCR) ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F dos 30 – 90 e 90 – 150 dias após a aplicação dos tratamentos. Já o fator adubação isolado influenciou de forma significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F as TCA e TCR em todas as épocas de avaliação. A interação entre os fatores estudados foi significativa para TCA e a TCR dos 30 – 90 DAT ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 10).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para as variáveis taxas de crescimento absoluto e relativo (TCAR) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----			
		Dias após a aplicação dos tratamentos			
		TCA 30 - 90	TCA 90 - 150	TCR 30 - 90	TCR 90 - 150
Lâmina (L)	4	93872,878 ^{**}	56765,541 ^{ns}	1,905 ^{**}	0,388 [*]
Linear	1	359963,824 ^{**}	24894,465 ^{ns}	6,669 ^{**}	1,216 ^{**}
Quadrática	1	195,460 ^{ns}	44939,556 ^{ns}	0,707 [*]	0,190 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	78917,142 ^{**}	275139,029 [*]	0,395 [*]	0,695 ^{**}
Linear	1	250693,329 ^{**}	893282,878 ^{**}	1,280 ^{**}	2,637 ^{**}
Quadrática	1	44286 ^{ns}	1358,343 ^{ns}	0,279 ^{ns}	0,027 ^{ns}
L x DN	16	31279,682 [*]	80298,742 ^{ns}	0,325 [*]	0,136 ^{ns}
Bloco	2	16560,500	11176,145	0,118	0,045
Erro	48	16086,641	107729,289	0,149	0,146
C.V (%)	-	38,21	30,13	4,13	3,61
Méd. geral	-	174,563	562,055	9,374	10,608

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; ^{*}; ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

O desdobramento da interação para taxa de crescimento absoluto da palma forrageira cultivar orelha de elefante dos 30 – 90 dias após a aplicação dos tratamentos evidenciou efeito significativo para as doses 450 e 600 kg de N ha⁻¹, sendo que a lâmina

que evidenciou maior rendimento na TCA em massa verde de cladódio foi a de 125% da ET_0 , correspondendo a 305,81 e 552,96 $g\ dia^{-1}$ (Figura 17A).

Sousa et al. (2012) afirmam que as taxas de crescimento absoluto da palma forrageira quando submetida ao manejo adequado da favorece o crescimento horizontal da planta contribuindo para o incremento da TCA.

Para a variável taxa de crescimento absoluto em massa verde de cladódio, nota-se que o aumento da dose de nitrogênio aplicado via fertirrigação elevou, de forma significativa, a TCA, sendo o maior rendimento encontrado na dose 600 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$, correspondendo a 722,41 $g\ dia^{-1}$ (Figura 17B).

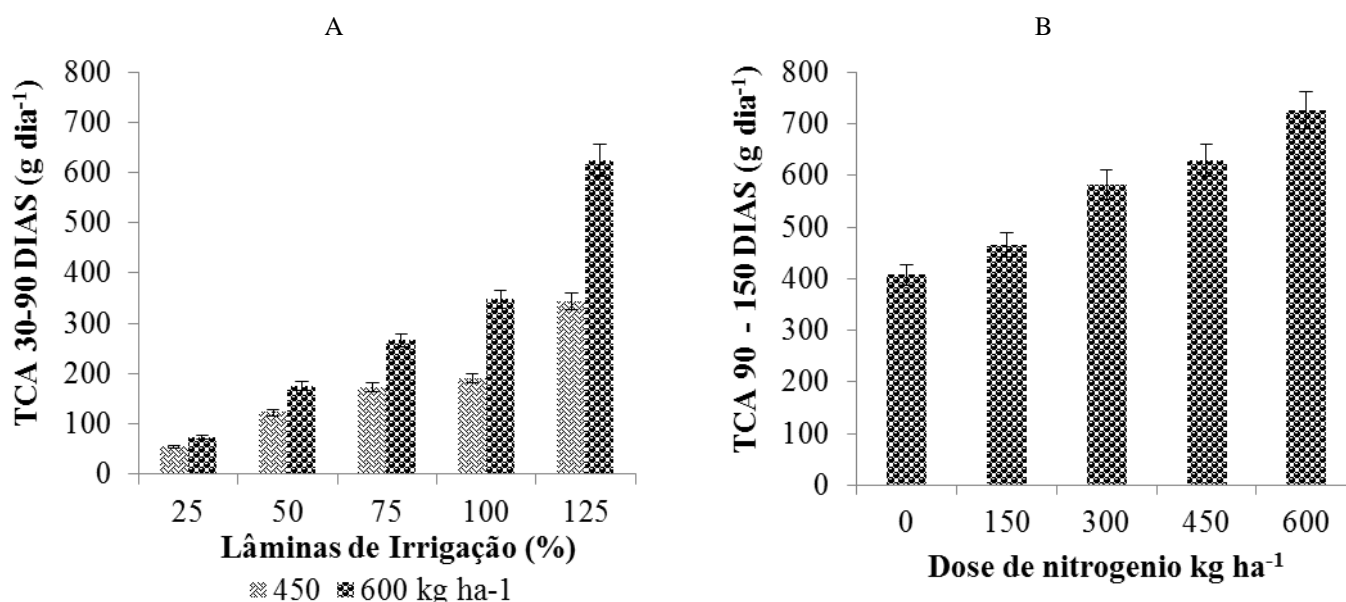


Figura 17 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a TCA dos 30 aos 90 DAT (A) taxa de crescimento absoluto dos 90 aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos em função das doses de adubação nitrogenada (B).

De acordo com Almeida et al. (2012), a taxa de crescimento absoluto da palma forrageira quando submetida à adubação mineral teve incrementos médios até 97 % quando comparado aos tratamentos sem adubação. Resultado condizente com os observados no presente estudo, no entanto, a diferença entre a dose 0 e 600 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$ foi de 44%, possivelmente esta menor diferença esteja relacionado ao fornecimento hídrico que reduziu o impacto da deficiência de nitrogênio no tratamento com 0 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$.

O desdobramento da interação para os fatores estudados para as doses 150; 450 e 600 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$, encontram-se na Figura 18A. Nota-se que, à medida que se elevou a lâmina de irrigação, houve um incremento na taxa de crescimento relativo em massa

verde de cladódios de palma forrageira dos 30 aos 90 DAT, a máxima TCR foi obtida na lâmina de 125% da ET_0 , correspondendo a 9,71; 10,07 e 10,45 $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$.

A taxa de crescimento relativo dos 90 -150 DAT em função das lâminas de irrigação teve comportamento crescente, com pouca diferença entre os tratamentos, porém, a lâmina de 125% da ET_0 foi a que proporcionou maior rendimento em TCR de massa verde de cladódio de palma forrageira, correspondendo a 10,80 $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$ (Figura 18B).

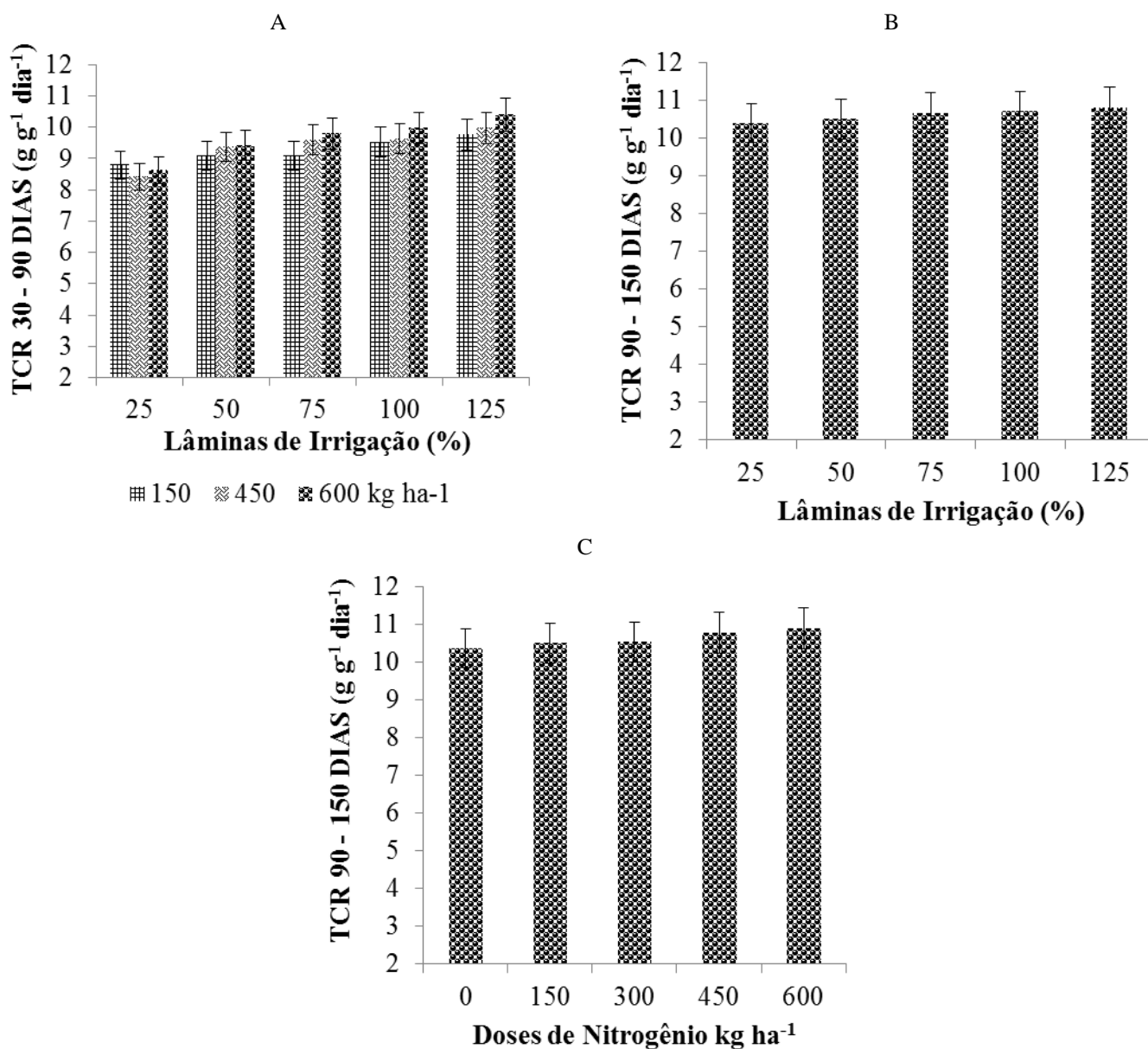


Figura 18 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a TCR dos 30 aos 90 DAT (A) taxa de crescimento relativo em função das lâminas de irrigação (B) e (C) em função das doses de adubação nitrogenada dos 90 aos 150 dias.

Segundo Queiroz et al. (2015), a taxa de crescimento relativo da palma forrageira reflete a velocidade do acúmulo de massa em relação a uma quantidade Pré- existente.

Contudo, plantas de ciclo perene têm uma tendência a ter baixa TCR, com elevada capacidade na acumulação de reservas e, conseqüentemente, maior superfície específica que auxilia na interceptação adequada da radiação fotossinteticamente ativa.

Em relação à taxa de crescimento relativa em massa verde de cladódios de palma forrageira cultivar orelha de elefante, nota-se que um aumento como incremento da dose de nitrogênio (Figura 18 C), sendo que o máximo rendimento foi obtido na dose de 600 kg de N ha⁻¹ e a maior média de 10,88 g g⁻¹ dia⁻¹ dos 90 aos 150 DAT.

Almeida et al. (2012) encontrou, para a palma forrageira, valores de TCR oscilando entre 0,032 g g⁻¹ dia⁻¹ (adubação orgânica) até 0,035 g g⁻¹ dia⁻¹ (orgânico-química) aos 180 DAP, resultado este bem inferior ao relatado no presente estudo, possivelmente este fato decorra da menor quantidade de nutrientes minerais fornecida.

A eficiência no uso de água da palma chega a ser onze vezes maior do que as plantas C3. Uma das importantes características do metabolismo desta cultura (MAC – Metabolismos Ácido das Crassuláceas) é a captação da energia solar durante o dia e abertura noturna dos estômatos (fixando CO₂ durante a noite), o que resulta em reduzida perda de água, que a diferencia da maioria das outras plantas (Leite, 2009).

5.2.8. Área de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável área de cladódios (AC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 12. Observa-se o efeito da lâmina de irrigação ao nível de 5% pelo teste F para a variável área de cladódio de palma forrageira cultivar orelha de elefante aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos, no entanto, aos 150 DAT não se verificou efeito do tratamento (Tabela 12).

Com relação ao fator isolado doses de adubação nitrogenada não se verificou efeito significativo pelo teste F em nenhuma das épocas avaliadas para a AC. A interação entre os fatores estudados foi significativa ao nível de 1% de probabilidade aos 30 e 90 DAT, não se verificando efeito significativo aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 12). Nota-se, ainda, pela média geral, que a área do cladódio foi crescente, ou seja, aumentou com o passar dos dias.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância para a área de cladódios (AC) em cm² de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	34148,320**	48156,201**	8020,899 ^{ns}
Linear	1	91559,447**	142696,064**	16550,732 ^{ns}
Quadrática	1	15694,219**	10419,907*	1532,682 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	854,702 ^{ns}	1834,943 ^{ns}	12590,473 ^{ns}
Linear	1	871,841 ^{ns}	255,271 ^{ns}	39027,825 ^{ns}
Quadrática	1	225,412 ^{ns}	3809,803 ^{ns}	5452,312 ^{ns}
L x DN	16	4590,008**	6727,135**	7593,736 ^{ns}
Bloco	2	4855,772	8536,990	3348,153
Erro	48	1471,602	2150,136	5670,774
C.V (%)	-	16,57	16,79	16,96
Méd. geral	-	231,57	276,13	443,95

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Houve efeito da interação entre lâmina de irrigação e doses de adubação nitrogenada para a variável área de cladódios aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 19). Aos 30 dias após o aplicação dos tratamentos, foi observada uma interação dentro de todas as doses de , sendo que o modelo linear foi o que melhor se ajustou para as doses 0; 150 e 300 kg de N ha⁻¹, a maior área de cladódio foi obtida na lâmina de irrigação de 125% da ET₀ correspondendo, respectivamente, a 278,59; 262,05 e 278,30 cm² (Figura 19A). Em contrapartida, para as doses 450 e 600 kg de N ha⁻¹ o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, com máximo rendimento obtido na lâmina 84,40 e 92,56 da ET₀ correspondendo a uma área de cladódio de 312,49 e 303,88 cm², respectivamente (Figura 19A).

Silva et al. (2015), ao estudar o crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas observaram que a Orelha de Elefante Mexicana se sobressaiu em relação à área dos cladódios quando comparada com as variedades Miúda e IPA-Sertânia sendo a maior média obtida para Orelha de elefante de 360 cm² aos 300 dias após o corte das plantas. Resultados estes próximos aos observados para a mesma cultivar com apenas 30 dias após a aplicação dos tratamentos, o fato de as plantas com menor idade possuírem a área de cladódios semelhante às de maior idade está relacionada ao suprimento hídrico e à adubação nitrogenada.

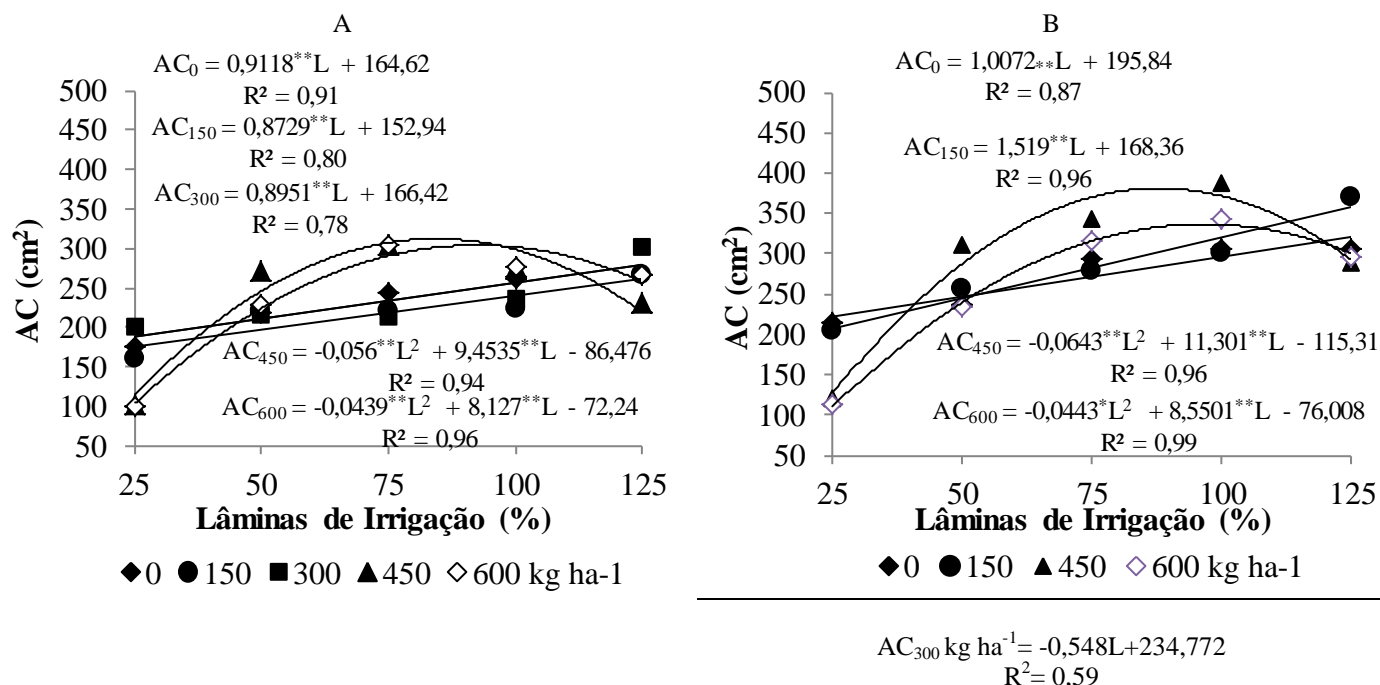


Figura 19 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a área de cladódios de palma forrageira (AC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

A interação dos fatores teve comportamento linear sobre a área de cladódios nas doses de adubação nitrogenada 0 e 150 kg de N ha⁻¹ aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 19B), com máximo rendimento na lâmina de 125% da ET₀ correspondendo a 321,74 e 358,23 cm². Sendo o incremento por aumento unitário no percentual de lâmina de irrigação de 1,00 e 1,51 cm².

Para as doses de adubação nitrogenada 450 e 600 kg de N ha⁻¹ aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos, verificou-se um efeito quadrático, sendo que o máximo rendimento foi obtido nas lâminas de 87,87 e 96,50% da ET₀ o que correspondeu a 381,23 e 336,54 cm², respectivamente, de AC (Figura 19B). Para Mondragón & Gonzáles (2001) a área de cladódio depende da largura, comprimento e formato dos cladódios, sendo estas medidas determinadas em função do genótipo da planta, assim, portanto sofrendo pouca interferência do ambiente e do manejo dispensado à cultura.

De acordo com Oliveira Junior et al. (2009), a disponibilidade hídrica favorece o desempenho da palma forrageira em área de cladódio, contudo, quando mal manejada, ocorrem variações ao longo do ciclo de cultivo, sendo que a área de cladódio aumenta até um máximo e, posteriormente, decresce.

Segundo Taiz & Zaiger (2016), é essencial a aplicação de nitrogênio nas culturas para que possam atingir a máxima produtividade, uma vez que este nutriente é

deficiente na maioria dos solos da região semiárida; deste modo, o uso de adubações é fator primordial para o aumento da produção.

5.2.9. Índice de área de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável índice de área de cladódios (IAC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 13.

Verificou-se efeito isolado da lâmina de irrigação aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Já as doses de nitrogênio influenciaram, significativamente, o IAC aos 90 e 150 DAT ao nível de 5 e 1% pelo teste F (Tabela 13).

A interação entre os tratamentos foi significativa pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade para a variável índice de área de cladódios de palma forrageira cultivar orelha de elefante aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 13).

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para o índice de área de cladódios (IAC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	0,099 ^{**}	0,496 ^{**}	0,674 ^{ns}
Linear	1	0,334 ^{**}	1,790 ^{**}	1,877 ^{ns}
Quadrática	1	0,044 [*]	0,122 ^{ns}	0,288 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	0,010 ^{ns}	0,243 [*]	2,459 ^{**}
Linear	1	0,0003 ^{ns}	0,540 [*]	8,984 ^{**}
Quadrática	1	0,006 ^{ns}	0,146 ^{ns}	0,076 ^{ns}
L x DN	16	0,027 ^{**}	0,197 [*]	0,432 ^{ns}
Bloco	2	0,032	0,09	0,227
Erro	48	0,009	0,08	0,486
C.V (%)	-	21,95	39,76	39,55
Méd. geral	-	0,44	0,75	1,76

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; ^{*}; ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

De acordo com a equação de regressão (Figura 20 A e B) o índice de área do cladódio aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos teve comportamento linear para as interações entre os fatores estudados. Aos 30 dias após a aplicação dos

tratamentos verificou-se efeito da interação para lâmina de irrigação e as doses de 0; 450 e 600 kg de N ha⁻¹ sendo que na lâmina de 125% da ET₀ observou-se o maior IAC, correspondendo a 0,53; 0,66 e 0,64 m² m⁻², respectivamente (Figura 20A).

O índice de área do cladódio é considerado uma medida útil que auxilia na estimativa da capacidade fotossintética da palma, podendo ser utilizada como variável para mensurar o crescimento vegetativo, permitindo, assim, refletir sobre os efeitos do manejo agrônômico submetido à cultura (Oliveira Junior et al., 2009).

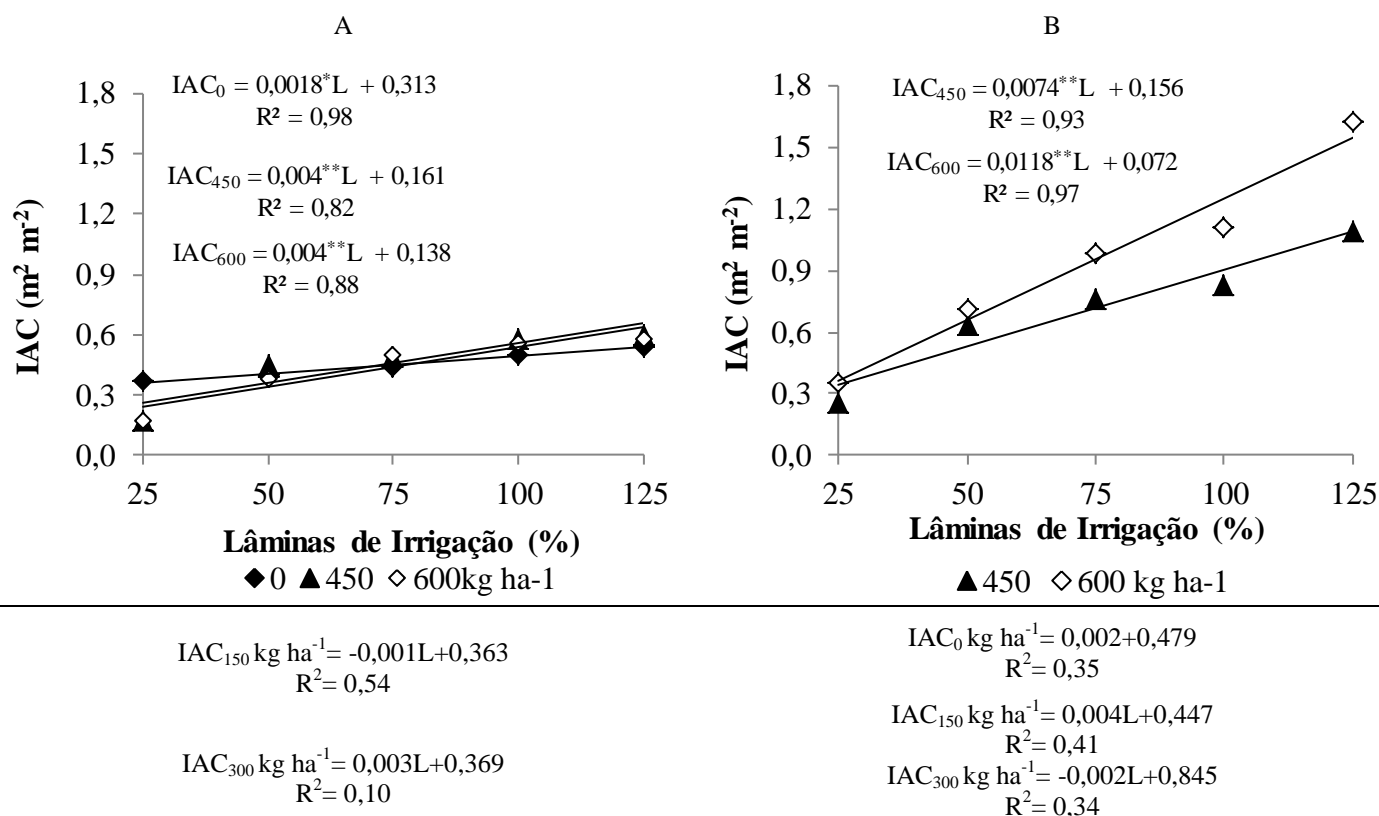


Figura 20 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob o índice de área dos cladódios de palma forrageira (IAC) aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Em relação à IAC aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos, o modelo matemático que melhor se ajustou para as doses 450 e 600 kg de N ha⁻¹ foi o linear (Figura 20B). Nota-se que na lâmina de 125% da ET₀ obteve-se o maior índice de área de cladódio, correspondendo a 1,08 e 1,55 m² m⁻², respectivamente.

Em cultivo nas condições de sequeiro, Silva et al. (2015) verificaram que o índice de área de cladódio da palma forrageira cultivar orelha de elefante foi de 1,75 m² m⁻² aos 725 dias após o corte. Os níveis de adubação, espaçamento, assim como por fatores ambientais, como a disponibilidade hídrica fornecida, a cultura e ao solo também a temperatura são fatores que influenciam, diretamente, o índice de área foliar da palma

fornageira (SALES et al., 2013). Os valores inferiores de IAC obtidos no presente estudo estão relacionados à menor idade das plantas avaliadas, uma vez que elas foram avaliadas aos 30 e 90 DAT.

Teles et al. (2002), obtiveram índice de área de cladódio (IAC) sob adubação mineral de $1,15 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Resultado este que difere dos obtidos no presente estudo, porém, ambos os resultados são considerados baixos, isto quando comparados às demais forrageiras, em especial as *poaceas*, fato este que pode estar relacionado ao maior número de folhas, ao passo que a palma apresenta um menor número de cladódios por planta.

De acordo com os estudos de regressão, o modelo que melhor se ajustou ao IAC para o fator isolado doses de adubação nitrogenada foi o linear (Figura 21). Nota-se que à medida que se aumentou a dose de nitrogênio o índice de área de cladódio teve resposta positiva, sendo que, na dose de $600 \text{ kg de N ha}^{-1}$ o IAC foi de $2,28 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

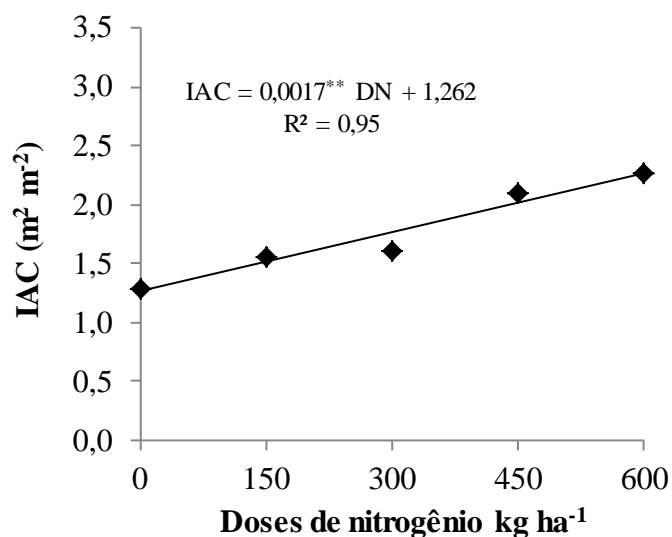


Figura 21 – Índice de área dos cladódios de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Dubeux Júnior & Santos (2005), relatam que, para cada tonelada de matéria seca de palma forrageira produzida, a cultura extrai, do solo, 9,0 kg de nitrogênio; 1,6 kg de fósforo; 25,8 kg de potássio e 23,5 kg de cálcio, deste modo, é de grande relevância o manejo adequado da adubação visando determinar a dose de adubo para cada fase de cultivo.

Dubeux Júnior et al. (2006), ao estudar sobre a produtividade de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, sob diferentes adubações com N e P e população de plantas no

nordeste do Brasil, afirmam que o aumento na dose de nitrogênio aumenta, de forma linear o crescimento e a produção de palma forrageira, resultado este semelhante ao obtido no presente estudo.

O índice de área de cladódio indica a capacidade de interceptação da luz pela planta. O que se observa é que, tanto a adubação, quanto a intensidade de corte, quando preservados todos os cladódios secundários, promoveram maior capacidade de interceptação da luz pela planta para a produção da fotossíntese de modo a estimular o desenvolvimento vegetativo da palma (REGO et al., 2014).

5.3. Variáveis de Produção

5.3.1. Biomassa verde de cladódios

O resumo da análise de variância para a variável biomassa verde de cladódios (BMVC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após o plantio (DAP), encontra-se na Tabela 14. O fator lâmina de irrigação isolado foi significativo pelo teste F ao nível de 1% para a variável BMVC aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos. Já o fator adubação foi significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F aos 90 DAT (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a biomassa verde de cladódios (BMVC) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	1638535,189**	6830834,199**	2546777,133**
Linear	1	5522502,119**	24181140,506**	8141905,464**
Quadrática	1	224291,337 ^{ns}	71529,550 ^{ns}	83421,001 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	238671,493 ^{ns}	851862,936**	1041378,328 ^{ns}
Linear	1	390892,913 ^{ns}	1556365,795**	3451244,816 ^{ns}
Quadrática	1	103512,384 ^{ns}	44317,083 ^{ns}	92702,843 ^{ns}
L x DN	16	190845,573 ^{ns}	615340,607**	1229229,329 ^{ns}
Bloco	2	205838,614	933084,450	686122,835
Erro	48	114327,630	230689,608	704560,719
C.V (%)	-	23,81	21,38	19,17
Méd. geral	-	1419,890	2246,864	4379,560

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Em relação à interação entre os fatores estudados, foi significativo apenas aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos ao nível de 1% pelo teste F para a BMVC de palma forrageira cultivar orelha de elefante (Tabela 14).

A biomassa verde de cladódios de palma forrageira cultivar orelha de elefante em função da lâmina de irrigação teve melhor desempenho na lâmina de 125% da ET_0 aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 22A). Nota-se que a maior média foi de 1803,65g na lâmina de 125% da ET_0 e a taxa de incremento por acréscimo unitário de lâmina foi de 7,67g.

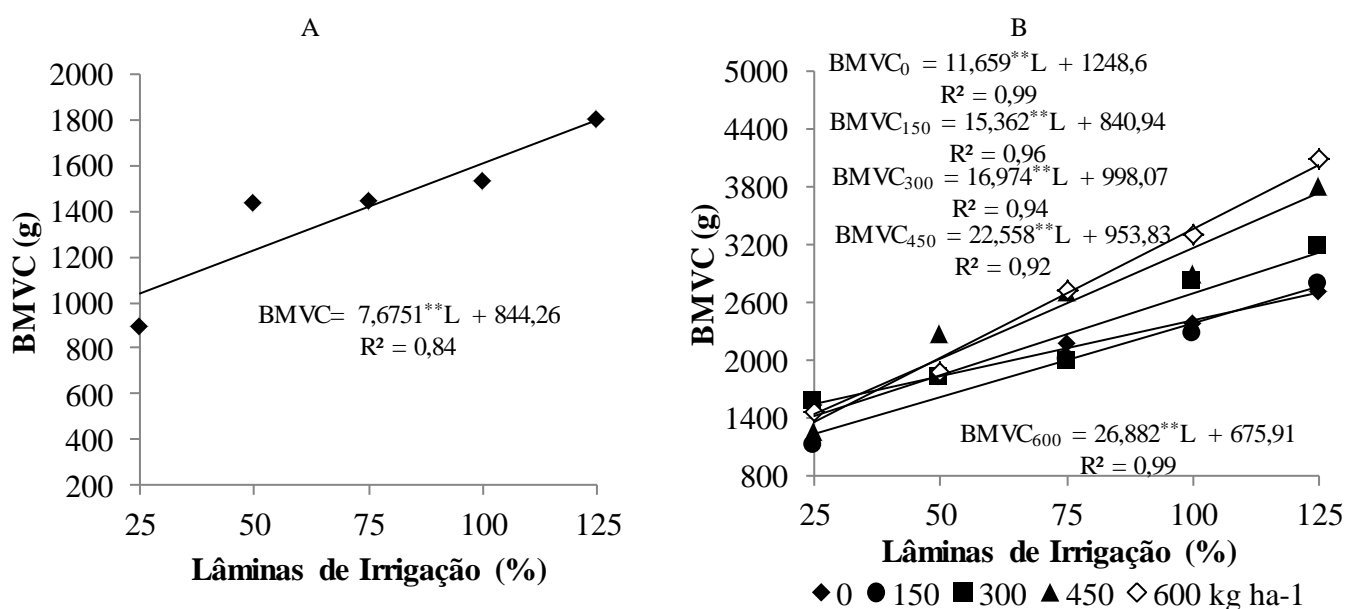


Figura 22 – Biomassa verde de cladódios da cultivar Orelha de Elefante em função lâmina de irrigação aos 30 DAT (A) e efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a BMVC aos 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

A interação entre plantas e o ambiente é a condição fundamental para a produção de biomassa, relacionando-se de forma direta com o aproveitamento de energia solar e transformação em energia química no processo fotossintético (MALDANER et al., 2009). De acordo com Ramos et al.(2011), a produção de biomassa é influenciada diretamente pela quantidade de água presente no solo, assim resultando em maior quantidade de palma forrageira produzida por área. Deste modo, o uso de irrigação otimizará a produção de forragem na região semiárida.

O aumento da lâmina de irrigação elevou, de forma significativa, a biomassa verde de cladódios de palma forrageira cultivar orelha de elefante nas doses 0; 150; 300; 450 e 600 kg de N ha⁻¹, sendo o maior rendimento obtido na lâmina de 125% da ET_0 , correspondendo a 2705,97; 2761,19; 3119,82; 3773,59 e 4036,16 g de biomassa verde (Figura 22B). Deste modo, o manejo eficiente da irrigação estabelecendo qual a lâmina

é mais eficiente na produção de biomassa é de fundamental importância para o cultivo de palma na região semiárida.

O suprimento hídrico adequado da palma forrageira auxilia na produção de biomassa verde de cladódios e contribui, de forma significativa, para atender à grande parte da demanda hídrica dos animais, em especial no período seco do ano na região semiárida do Brasil (SANTOS et al., 2001).

Cunha et al., (2012), estudando a morfometria e o acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio, o uso da adubação nitrogenada não interfere nas características morfológicas e na produção de biomassa verde da palma forrageira, além disso, o volume da forrageira produzida pode ser usado como estimativa para o peso fresco dos cladódios.

Pela equação de regressão obtida, constatou-se que a biomassa verde de cladódios aumentou com o incremento da Lâmina de irrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos, sendo o maior valor de BMVC verificado na lâmina de 125% da ET_0 , correspondendo a 4.888,10g (Figura 23). Este fato é de grande relevância para a produção de biomassa verde, uma vez que, quanto maior a lâmina de irrigação fornecida, a palma forrageira e a quantidade de água advinda desta biomassa será elevada, contribuindo para a mitigação da escassez de forragem além do fornecimento da suplementação de água aos animais na estação seca (CANDIDO et al. 2013).

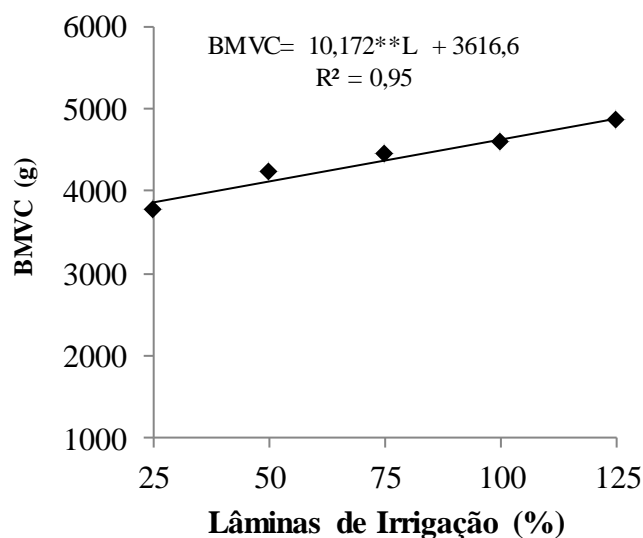


Figura 23 – Biomassa verde de cladódios da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante em função da lâmina de irrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Segundo Silva et al. (2015), o aumento na lâmina de irrigação no cultivo de palma forrageira influencia, positivamente, a produção de biomassa da cultura, porém apenas quando esta é submetida a lâminas superiores a 60% da evaporação, contudo deve-se atentar para os problemas de encharcamento dos solos, fato que prejudica o desenvolvimento da palma. Estes resultados estão de acordo com o que foi observado na presente pesquisa uma vez que, com o aumento da evapotranspiração, houve um aumento na produção de biomassa verde de palma forrageira.

5.3.2. Produtividade estimada não destrutiva

O resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada (PE) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), encontra-se na Tabela 15.

Verifica-se que as variáveis analisadas foram significativas a 1% de probabilidade para o fator lâminas de irrigação, excetuando-se aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos. O fato de não haver efeito significativo aos 150 DAT está relacionado à maior precipitação observada no período.

Para o fator doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação, observou-se o efeito significativo para a produção aos 90 e 150 DAT a 1% de probabilidade, respectivamente. Houve efeito da interação entre as lâminas de irrigação (L) e Doses de adubação nitrogenada (DN) para produtividade aos 30 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos ao nível de 1 e 5%, respectivamente (Tabela 15).

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada (PE) de palma forrageira ($t\ ha^{-1}$) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aos 30, 90 e 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----		
		Dias após a aplicação dos tratamentos		
		30	90	150
Lâmina (L)	4	12976,84 ^{**}	223663,23 ^{**}	144206,32 ^{ns}
Linear	1	49431,52 ^{**}	806226,72 ^{**}	345216,10 ^{ns}
Quadrática	1	1020,80 ^{ns}	12667,43 ^{ns}	27154,97 ^{ns}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	2370,71 ^{ns}	85154,40 ^{**}	409112,78 ^{**}
Linear	1	2024,00 ^{ns}	226126,50 ^{**}	1319766,00 ^{**}
Quadrática	1	2830,67 ^{ns}	28164,87 ^{ns}	69269,50 ^{ns}
L x DN	16	3135,91 ^{**}	44499,84 [*]	108289,67 ^{ns}
Bloco	2	2881,33	66751,09	22667,68
Erro	48	1338,63	16506,09	83032,83
C.V (%)	-	26,17	46,00	38,75
Méd. geral	-	130,41	279,26	743,56

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; ^{*}, ^{**} Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

A lâmina de irrigação elevou, de forma significativa, a produtividade estimada de palma forrageira cultivar orelha de elefante, sendo o maior rendimento encontrado na lâmina de 125% nas doses 450 e 600 kg de N ha^{-1} aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, correspondendo a 202,05 e 206,06 $t\ ha^{-1}$ (Figura 24A). Nota-se, ainda, que o acréscimo por incremento unitário de lâmina foi de 1,25 e 1,39 $t\ ha^{-1}$, respectivamente, nas doses de 450 e 600 kg de N ha^{-1} .

Para Hernández et al. (2004), a produtividade da palma forrageira (*Opuntia spp.*) não foi influenciada pela irrigação suplementar com as lâminas de 740, 1.060 e 1.380 mm anuais. Resultado este que difere do obtido no presente estudo, uma vez que a lâmina de irrigação proporcional incremento significativo na produção de palma forrageira.

O modelo matemático que melhor se ajustou à produtividade de palma forrageira cultivar orelha de elefante aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos para as doses de 450 e 600 kg de N ha^{-1} foi o linear, sendo que a lâmina de irrigação de 125% foi a que propiciou maior rendimento em produtividade 423,42 e 736,86 $t\ ha^{-1}$ (Figura 24B). Nota-se, ainda que a dose de 600 kg de N ha^{-1} aplicada via fertirrigação foi a que proporcionou maior média em produtividade.

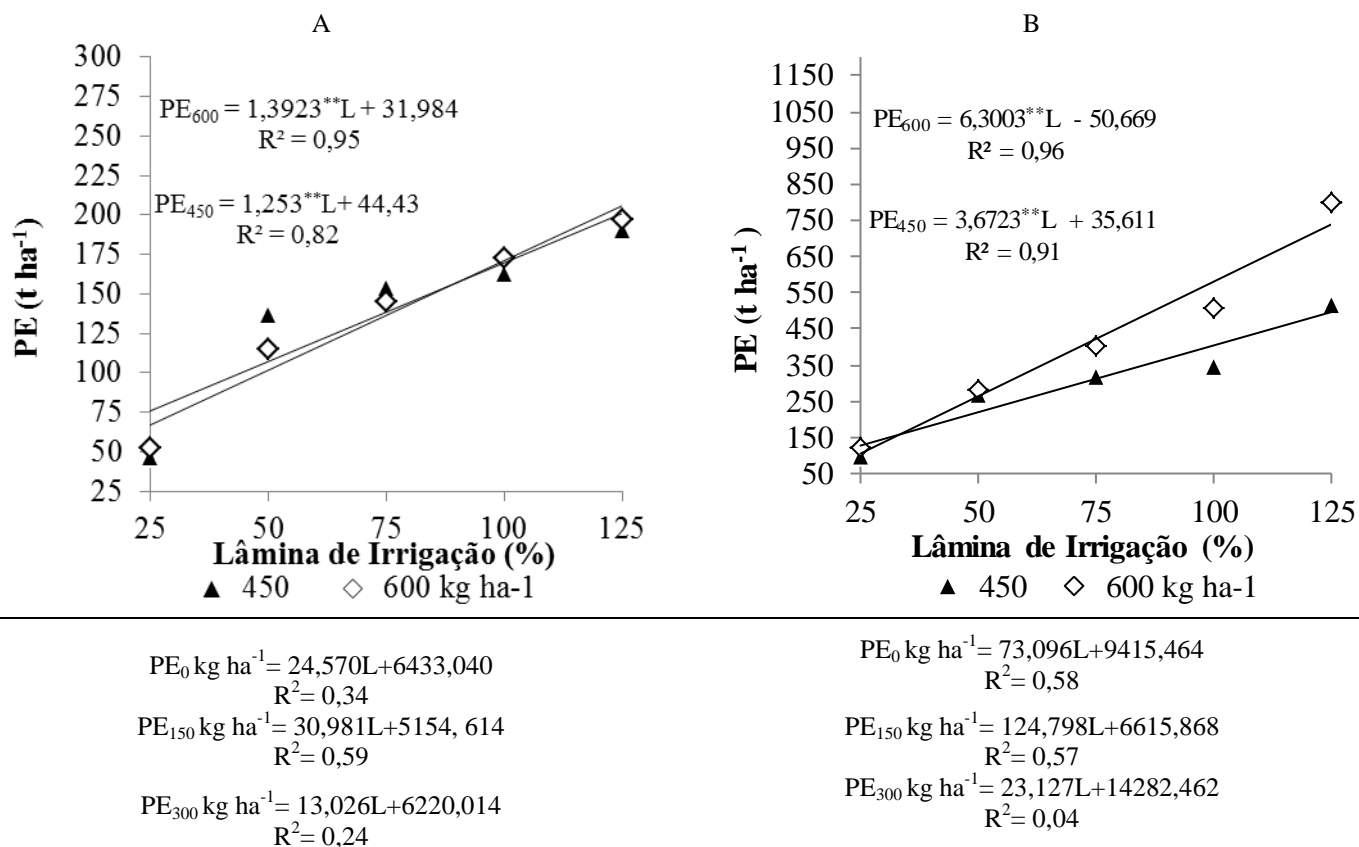


Figura 24 – Efeito das laminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a produção da palma forrageira cultivar orelha de elefante aos 30 (A) e 90 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Para Dubeux Júnior et al. (2010) a utilização de adubo no cultivo de palma forrageira é uma importante estratégia de manejo para aumentar a eficiência da produção de palma forrageira. Corroborando os dados obtidos neste estudo, uma vez que a utilização de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação propiciou aumento na produção de palma forrageira. Contudo, deve-se atentar para a utilização de adubos com ureia, estes devem ser administrados com cautela, considerando o período prévio de adaptação da cultura (ARAÚJO et al., 2004).

Pereira et al. (2015), afirmam que a produção de palma forrageira não foi influenciada pelas diferentes condições de disponibilidade hídrica (7,5 mm a cada 7, 14 e 28 dias), discordando dos resultados obtidos na presente pesquisa.

A produtividade de palma forrageira cultivar orelha de elefante teve melhor desempenho na dose de 600 kg de N ha⁻¹ aplicado via fertirrigação, correspondendo a 1.068,85 t ha⁻¹ (Figura 25). Constatou-se, ainda, que a equação que melhor se ajustou foi a linear, com ganho relativo para a produção, comparando a dose 0 kg de N ha⁻¹ com a dose de 600 kg de N ha⁻¹ de 47,10%.

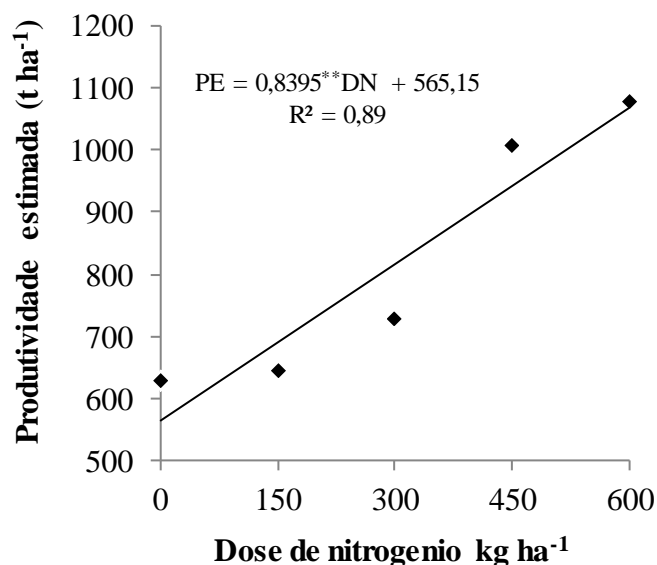


Figura 25 – Produtividade da palma forrageira cultivar Orelha de Elefante em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos.

Santos et al., (1990) avaliando a produção da palma adubada com 10 t de esterco de curral ha⁻¹ e adubação química (50:50:50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O), obtiveram incrementos em relação à testemunha de 81 e 29% na produção, respectivamente. Resultado este condizendo com os obtido no presente estudo uma vez que se obtiveram incrementos significativos na produção com o aumento da dose de nitrogênio aplicada via fertirrigação.

Para Nascimento et al. (2011) a palma é uma cultura de elevado potencial de produção contudo, para expressar esse potencial produtivo, necessita de um manejo adequado e eficiente de adubação.

5.3.3. Produtividade estimada destrutiva

O resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada destrutiva (PR) de palma forrageira em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio um ano após a aplicação dos tratamentos (DAT) encontra-se na Tabela 16.

Nota-se que a variável analisada foi significativa a 1% de probabilidade para o fator lâminas de irrigação e doses de adubação de nitrogênio. Houve efeito da interação entre as lâminas de irrigação (L) e Doses de adubação nitrogenada (DN) para a produtividade real um ano após a aplicação dos tratamentos ao nível de 1% (Tabela 16).

Sendo a média da produtividade real de aproximadamente 300 t ha⁻¹ano⁻¹, resultado este superior ao obtido por Silva et al. (2014) em estudo sobre a produtividade de palma forrageira em diferentes densidades de plantio que obtiveram média de 250 t ha⁻¹ para a cultivar Gigante com um ano após o plantio.

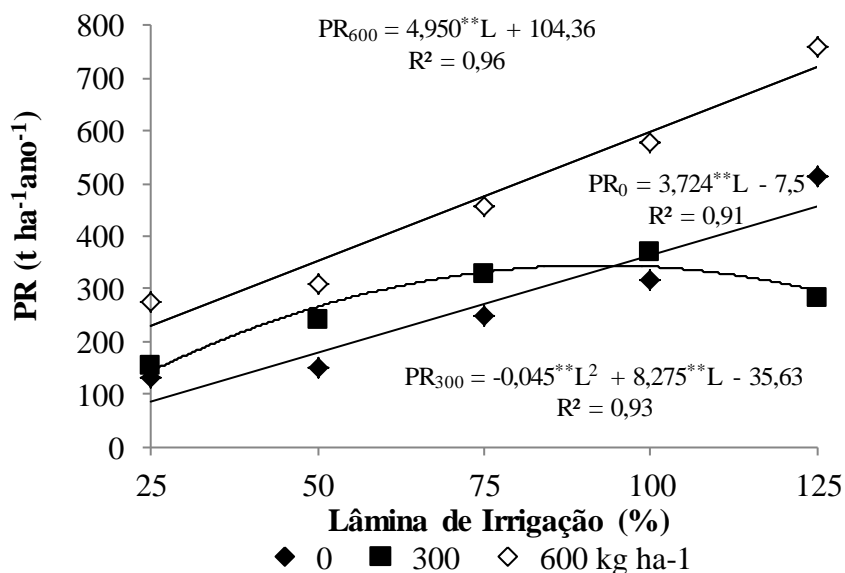
Tabela 16 - Resumo da análise de variância para a variável produtividade estimada destrutiva (PR) de palma forrageira (t ha⁻¹) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio um ano após a aplicação dos tratamentos.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----
		Produtividade estimada destrutiva (PR)
Lâmina (L)	4	63873,833 ^{**}
Linear	1	165809,438 ^{**}
Quadrática	1	74892,244 ^{**}
Doses de Nitrogênio (DN)	4	106379,092 ^{**}
Linear	1	286060,335 ^{**}
Quadrática	1	67986,010 ^{**}
L x DN	16	37793,043 ^{**}
Bloco	2	16618,257
Erro	48	9133,992
C.V (%)	-	31,95
Méd. geral	-	299,123

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; * ; ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

O desdobramento da interação entre os fatores lâmina de irrigação e doses de nitrogênio para a produtividade estimada destrutiva um ano após a aplicação dos tratamentos encontra-se na Figura 26. Nota-se efeito da interação para as doses de 0; 300 e 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo a máxima produtividade obtida na lâmina de 125% da ET₀ nas doses de 0 e 600 kg ha⁻¹, correspondendo a 457,5 e 743,11 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, (Figura 26).

Já para a dose de 300 kg ha⁻¹ a lâmina de irrigação que incrementou a produção de palma forrageira cultivar Orelha de Elefante Mexicana foi de 92% da ET₀, com produção de 344,79 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 26).



$$PR_{150} \text{ kg ha}^{-1} = -0,165L + 283,525$$

$$R^2 = 0,20$$

$$PR_{450} \text{ kg ha}^{-1} = 0,642L + 225,940$$

$$R^2 = 0,59$$

Figura 26 – Efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação sob a produção real da palma forrageira cultivar orelha de elefante um ano após a aplicação dos tratamentos.

Esta produtividade é esta superior à encontrada em estudos de Dubeux Júnior et al. (2010; 2013); Pereira et al. (2015); Oliveira et al.(2010) e Silva et al. (2015), possivelmente este fato esteja relacionado ao manejo adotado com diferentes doses de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação.

A maior produtividade estimada não destrutiva aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos quando comparada à produtividade estimada destrutiva um ano após a aplicação dos tratamentos possivelmente está relacionada à maior precipitação o que favoreceu a turgescência das plantas; por outro lado, na avaliação um ano após a aplicação dos tratamentos, as plantas tinham passado por um período sem chuvas apenas com irrigação com água salinas, o que pode ter ocasionado redução na produtividade.

Barros et al. (2016), relatam que mudanças no manejo como adubação nitrogenada associada a uma maior disponibilidade hídrica alteram o comportamento fisiológico da palma forrageira e, conseqüentemente, incrementa a produtividade da cultura em regiões semiáridas.

5.4. Eficiência do uso da água e nitrogênio

A eficiência do uso da água e do nitrogênio para a palma forrageira cultivar orelha de elefante mexicana em função dos tratamentos aplicados encontram-se na Tabela 17. Nota-se que, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação houve um incremento positivo na EUA pela forrageira, sendo que na lâmina de 125% a EUA foi de 15,25 kg por metro cubico de água aplicada. A diferença entre a maior e a menor lâmina em termos de eficiência do uso da água foi de 3,8 kg por metro cubico de água fornecida a cultura em cada tratamento.

Console et al. (2013) ao estudar a *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), observaram eficiência do uso da água de 4,6 kg m⁻³ e 4,4 kg m⁻³, valores este inferiores aos observado no presente estudo, possivelmente este fato esta relacionado ao manejo da irrigação empregado no presente estudo.

Para Silva et al. (2014), a eficiência no uso da água é a produção de biomassa pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada, e tem sido comumente utilizada para a seleção de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico, sendo as cultivares Orelha de Elefante Mexicana e IPA-Sertânia as mais eficientes no uso da água tanto em termos de água precipitada quanto de evapotranspirada

Tabela 17 – Uso eficiente da água e do nitrogênio em cada tratamento um ano após aplicação dos tratamentos.

Lâminas de Irrigação	EUA (kg m ⁻³ ciclo ⁻¹)	Doses de Nitrogênio	EUN (kg kg ⁻¹ ciclo ⁻¹)
L1 = 25% ET ₀	11,446	0 kg ha ⁻¹	10,357
L2 = 50% ET ₀	12,731	150 kg ha ⁻¹	12,885
L3 = 75% ET ₀	14,307	300 kg ha ⁻¹	12,949
L4 = 100% ET ₀	15,922	450 kg ha ⁻¹	13,168
L5 = 125% ET ₀	15,242	600 kg ha ⁻¹	20,289
Total		13,930	

A resposta da palma forrageira a Eficiência do Uso do Nitrogênio (EUN) aumentou de forma linear com o aumento das doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação, fato que pode esta relacionada com o aumento gradual da produtividade da forragem e da elevada eficiência do uso do nutriente pela cultura. O maior valor de EUN foi observada na dose de 600 kg ha⁻¹, chegando a 20, 28 kg kg⁻¹ por ciclo de

cultivo e a diferença entre maior e menor dose de nitrogênio aplicada foi de $9,93 \text{ kg kg}^{-1}$ por ciclo (Tabela 17).

Para Sadras & Lawson (2013), esse aumento da EUN se a capacidade das plantas em absorver e armazenar N proveniente do solo aplicado via fertirrigação.

6. CONCLUSÕES

A lâmina de irrigação influenciou, de forma significativa, as variáveis de crescimento da palma forrageira estudadas, exceto o número de cladódios.

As diferentes doses de adubação nitrogenada, aplicadas, via fertirrigação, influenciaram, de forma significativa, as variáveis de crescimento da palma forrageira, excetuando-se o comprimento e a área de cladódio.

A maior produtividade estimada não destrutiva, destrutiva e a máxima eficiência do uso da água de palma forrageira cultivar orelha de elefante mexicana foram obtidas na associação lâmina de irrigação de 125% da ET_0 , total de (371,09 mm) e na dose de nitrogênio de 600 kg ha^{-1} .

A eficiência no uso da água e do nitrogênio média foi de 13,9 kg m⁻³ de água aplicada via fertirrigação em um ano de condução do trabalho.

A média de produtividade estimada não destrutiva e a destrutiva foram 700 t ha^{-1} aos 150 dias após a aplicação dos tratamentos e $299 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Nas condições de semiaridez com temperatura média de $27,6^\circ\text{C}$ a palma forrageira responde tanto a irrigação quanto a adubação nitrogenada.

Recomenda-se o corte da palma forrageira duas vezes ao ano, quando submetida a adubação nitrogenada e irrigação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVAREZ, H. R. El Valle de Mezquital, México: Estudio de caso VII, 1997. Disponível em <http://www.cepis.ops-ms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/rep066/vallemez.html>. Acesso em 02 de dezembro de 2015.
- ALMEIDA, J.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Desempenho vegetativo e produtivo da palma forrageira. **Revista enciclopédia biosfera**, v. 8, n. 15, p. 571 - 581, 2012.
- AMARAL, J. F. T. do; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.621-629, 2011.
- ARAÚJO PRIMO, J. T. **Dinâmica de água no solo e eficiência do uso de água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2013.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: Fernandes, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p.253-280. 2006.
- ARAÚJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1850- 1857, 2004
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BAJGAIN, R.; KAWASAKI, Y.; AKAMATSU, Y.; TANAKA, Y.; KAWAMURA, H.; KEISUKE KATSURA; SHIRAIWA, T. Biomass production and yield of soybean grown under converted paddy fields with excess water during the early growth stage. **Field Crops Research**, v.180, p.221-227, 2015.
- BARROS, J.L.; DONATO, S. L. R.; GOMES, V. M.; DONATO, P.E.R.; SILVA, J. A.; PADILHA JÚNIOR, M.C. palma forrageira ‘gigante’ cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.53-65, 2016.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

CÂNDIDO, M.J.D., GOMES, G.M.F., LOPES, M.N. & XIMENES, L.J.F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**. n.7, v.3, p. 1-7. 2013.

CATIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F. W.; MAZZUCOTELLI, E.; ZASTRANGELO, A. M.; FRANCIA, E.; MARE, C. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v. 105, n.02, p. 1-14, 2008.

CHRISTOFIDIS, D. **O futuro da irrigação e a gestão das águas**. Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2008. 15p. (Série Irrigação e Água: I - 2008).

COSTA, R. G.; ALMEIDA, C. C.; PIMENTA FILHO, E. C.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; SANTOS, N. M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região Semiárida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n.218, p. 195-205, 2008.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 18, n.2, p. 1943- 1957, 2013.

CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, C. R.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.1156- 1165. 2012.

DANTAS NETO, J.; FERNANDES, P. D. **Cultivo de pinhão-manso irrigado com águas de qualidade inferior: exigências hídricas e produção de biodiesel**. 2006. 37p. UFCG, Campina Grande, 2006.

DI PAOLO, E.; RINALDI, M. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. **Field Crops Research**, v.105, n.11, p.202-210, 2008.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151 - 158, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds.) **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: UFPE, 2005. p.105-127.

DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. ; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Potential of cactus pear in South

América. Cactusnet Newsletter, **Santiago del Estero**, v. 13, edição especial, p. 29-40, 2013.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 1, p. 129 - 135, 2010.

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 36, n. 1, p.146-155, 2015.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: Sistema de análise de variância versão 4.6**. UFLA/DEX, Lavras, Brasil. 2008.

GENTIL, M. S. **Transpiração e eficiência do uso da água em árvores clonais de *Eucalyptus* aos 4 anos em áreas com e sem irrigação em Eunápolis, Bahia. 2010**. 71f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

HERNÁNDEZ, A. F.; Castillo, I. O.; Amador, B. M.; Hernández, J. L. G.; Troyo-Dieguez, E. Enrique T. D. Yield and physiological traits of prickly pear cactus „nopal“ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, v. 70, n. 2, p. 97-107, 2004.

IGBADUN, H. E., MAHOO, H. F.; TARIMO, ANDREW K. P. R.; BAANDA A. S. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agricultural Water Management*, v.85, n.23, p.141-150, 2006.

JENSEN, M. E. Sustainable and productive irrigated agriculture. In: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R. L. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. 2nd ed. Saint Joseph: ASABE, 2007. p. 33-56.

LEITE, M.L.M.V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2009, 186 f., Tese (Doutorado em Zootecnia).

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1356- 1361, 2009.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 3. ed atual e ampliado. 2012. 355p.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.46-472, 2003.

MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERÁS, A. S. C.; LIRA, M. DE A.; LIMA, L. E. DE; VILELA, M. DA S.; MELO, E. O. S. DE; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação.1. Desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736. 2003.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. 258p.

MENEZES, R.; SOUZA, B. I. Manejo sustentável dos recursos naturais em uma comunidade rural do semiárido nordestino. **Cadernos do Logepa**, v. 6, p. 41-57, 2011.

MERWER, L. L. V. D.; WESSELS, A. B.; FERREIRA, D. I., Supplementary irrigation for cactus pear. **In: CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL**. 3., 438, 1997. Midrand, Resumos... Midrand: ISHS Acta Horticulturae, 1997. p. 77-81.

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. **Germplasm resources and breeding opuntia for fodder production**. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C. & PÉREZ-GONZÁLEZ, S. *Cactus (Opuntia spp) as forage*. FAO. Romi. p.21-28. 2001.

MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. Alternativas para incrementar a oferta de nutrientes no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 01 - 24, 2007.

NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, J. S.; SANTOS, E. S.; DAMASCENO, M. M.; RAMOS, J. P. F.; SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V. Caracterização morfológica de *Opuntia fícus indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada. **Tecnologia & Ciências Agropecuárias**, v. 5, n. 3, p. 21 - 26, 2011.

NOBEL, P.S. **Biologia ambiental**. In: *Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira*. FAO, 1995. SEBRAE-PB. p.36-48. 216p. 2001.

NUNES, C. S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 58-66, 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; NETO, M. B.; RAMOS, J. P. F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12. 2009.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JÚNIOR, E.B. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, p.27-37, 2010.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T.G.F. ; ZOLNIER, S. ; MORAIS, J.E.F. ; SANTOS, D. C. . Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga** (Online), v. 28, p. 184-195, 2015.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I. IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, v.108, n. 06, p.39-51, 2012.

PIETERSE, P. A.; RETHMAN, N. F. G.; VAN BOCH, J. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* Jacq. at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grassland**, Sta Lucia, v.31, n.2, p.117-123, 1997.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n. 12, p.939-947, 2014.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931-938, 2015.

RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M. ; PINHO, RICARDO MARTINS ARAUJO ; BEZERRA, H.F.C ; PEREIRA, G. A. ; OLIVEIRA, J. S. ; CRUZ,G.R.B. . Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. *Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 16, p. 1, 2015.

RAMOS, J. P. R.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de opuntia ficus-indica em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 41 - 48, 2011.

REGO, M.M. T.; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G.M.; GUEDES , F. X. ; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N,B. Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista de Ciencia e Produção Animal.**, v.16, n.2, p.118-130, 2014

RODRIGUEZ, J. L. **Atlas Escolar Paraíba**. João Pessoa: Editora Grafset, 2002.

SADRAS, V.O.; LAWSON, C. Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. **European Journal of Agronomy**, v.46, n2, p.34-41, 2013.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P. F.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 1, p. 19 - 24, 2013.

SANGLARD, D. A. ; MELO. Biometria de genótipos de soja visando tolerância às condições edafoclimáticas do Cariri paraibano como suporte para a ovinocaprinocultura. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 5,n.2, p. 208-215, 2013.

SANTOS, D. C. dos; SANTOS, M. V. F.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira Zootecnia**. v. 30, n. 1, 2001.

SANTOS, D. C. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, M. V. F. DOS; LIRA, M. DE A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (Opuntia ficus-indica Mill) e “Miúda” (Nopalea cochenillifera Salm-Dick) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p.504-511, 1990.

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 777-783, 1992.

SANTOS, T. C.; SOARES, G. A.; ROCHA, T. J. O.; FERREIRA, A. N.; PACHECO, C. S. V.; FRANCO, M. Quantificação da atividade de CMCase e FPase produzidas a partir da fermentação em estado sólido da palma forrageira. **Revista Científica do Departamento de Química e Exatas**, v. 2, n. 2, p. 22-29, 2011.

SEBRAE – RN. Palma forrageira e adensada e irrigada. 2009. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2014/06/03/palma-forrageira-um-adensamento-providencial-artigo-de-joao-suassuna/>. Acesso em 10 Dez 2015.

SEDIYAMA, G. C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília, ABEAS, 1987. 143p.

SENAR. **Palma forrageira: Cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro**. Coleção SENAR. Série II, Brasília, DF, 2013. 52p.

SILVA NETO, F. L.; ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; BEZERRA, D.M.; SILVA, A. L.N.; FERREIRA, S. D.; SOUZA, B. V.; RODRIGUES, M. Q. Crescimento da palma forrageira (Opuntia ficus-indica Mill.) em função do espaçamento e doses de fósforo., João Pessoa: ZOOTECH, 2008. 4p.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Forage Palm (Opuntia ficus indica Mill) as alternative in ruminant feeding). **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 7, n. 10, 2006.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de Água na Irrigação. **Revista de Agropecuária Científica no Semiárido**, v.07, n. 03, p. 01-15, 2011.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, suplemento, p. 866-875, 2012.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 39, p. 2389-2397, 2010.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.28,n. 2, p.10-18, 2015.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; SILVA, S. M.S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M.C.; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p.184-191, 2014

SOUSA, T. P.; SOUSA NETO, E. P. Produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* mill. e *nopalea cochenillifera salmdyck*) como alternativa de alimentação para criações no semiárido. 8ª SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA - 8ª SBCMAC, Campina Grande- PB. p. 1-4. 2012

SUASSUNA, P. Lucratividade da Cultura da Palma Forrageira na Paraíba. 1993. Disponível em:< www.joaosuassuna.hpg.ig.com.br/sistprod.htm - 5k ->. Acesso em 24 de julho de 2015.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 719p.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. A. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.

TORRES NETO, A. B. **Estudo da pré-hidrólise ácida da palma forrageira (*Opuntia ficusindica* Mill)**. 2010. 47f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

TOSTO, M. S. L.; ARAÚJO, G. G. L.; OLIVEIRA, R. L. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.3, p.239- 249, 2007.

WU, C. A.; CAMPBELL, D. R. Leaf physiology reflects environmental differences and cytoplasmic background in *Ipomopsis* (Polemoniaceae) hybrids. **American Journal of Botany** v. 94, p. 1804-1812. 2007.

WYMAN, C.E. What is (and is not) vital to advancing cellulosic ethanol. **Trends in Biotechnology**, v. 25, n. 4, p. 153-157, 2007.

ZHANG, J.; SMITH, K.R. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: Measurements, health impacts, and interventions. **Environ Health Perspect**, v. 115, n. 6, p. 848–855, 2007.